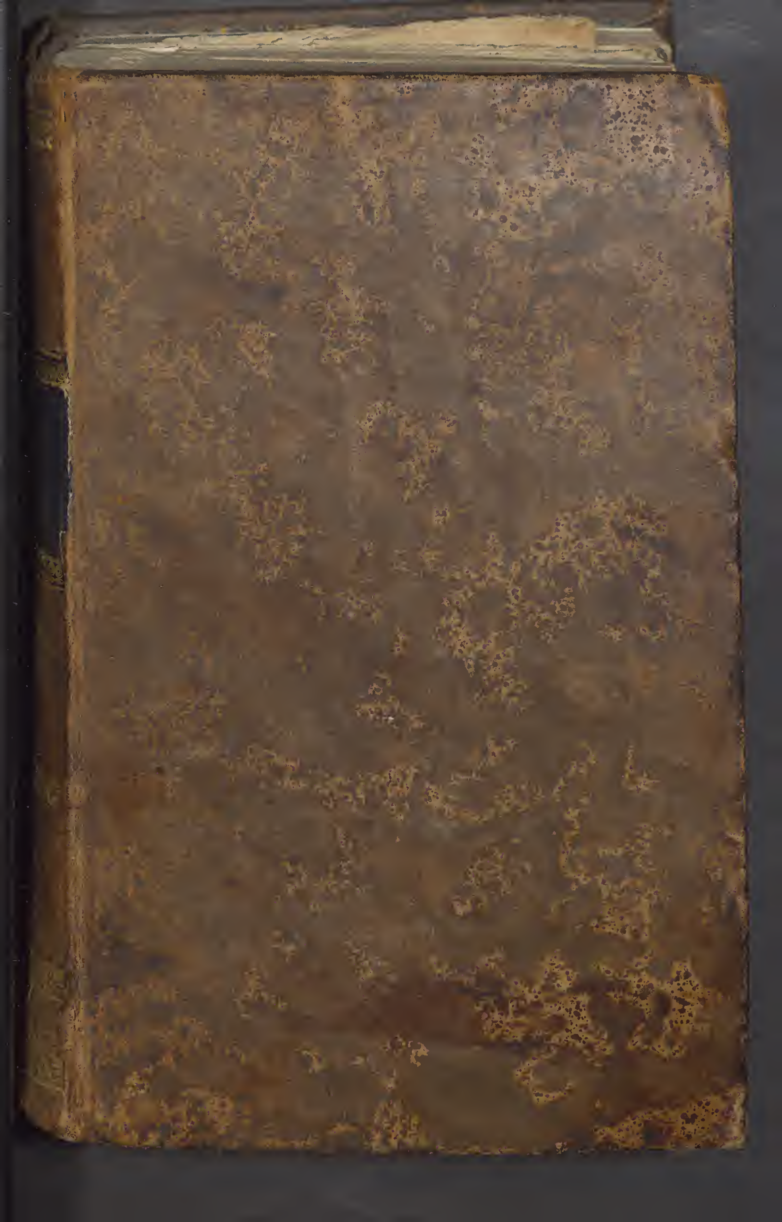
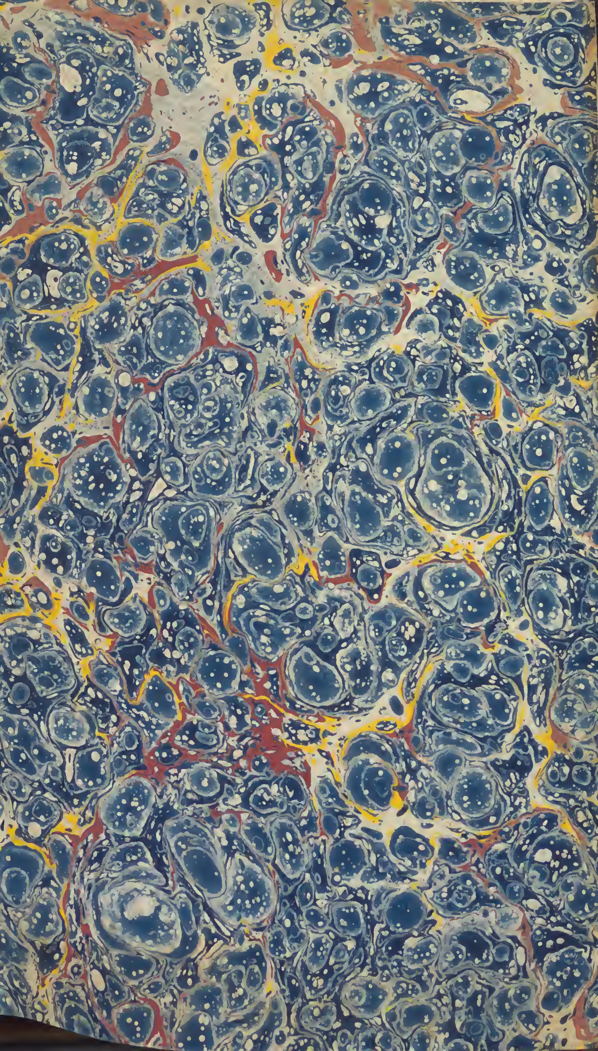








Indice

PYROTECHNIE

RAISONNÉE,

OU

APPLICATION DE LA CHIMIE

AUX

ARTIFICES DE GUERRE.

1 2

PYROTECHNIE

RAISONNÉE,

OU

APPLICATION DE LA CHIMIE

AUX

ARTIFICES DE GUERRE,

PAR

M. Moritz Meyer,

CAPITAINE D'ARTILLERIE EN PRUSSE;

traduite de l'allemand

PAR T. HIPPERT,

LIEUTENANT D'ARTILLERIE.

Bruxelles,

M. HAYEZ, IMPRIMEUR, RUE DE LA MONTAGNE.

1836.

AVANT-PROPOS.

Établir l'importance des artifices de guerre serait une superfluité, puisqu'il suffit de rappeler que l'emploi même de la poudre en dépend; mais par une anomalie inconcevable, ils forment la partie la moins avancée de l'artillerie. Nous suivons encore aveuglément les préceptes établis par nos devanciers, quoique les compositions prescrites forment un vrai chaos, qu'on ne pourra débrouiller que par l'application de la chimie pour en éliminer toutes les substances inutiles.

Les principes tracés par le capitaine Moritz-Meyer, dans son excellent traité d'artillerie [1] paraissant devoir servir de base pour ce travail, nous avons cru être utile à l'arme en traduisant la partie qui traite des artifices de guerre. Si même les idées nouvelles qu'il émet n'étaient pas toutes sanctionnées par l'expérience, elles auraient toujours fait faire un pas à la science.

[1] *Vorträge über die Artillerie-Technik.*



ARTIFICES DE GUERRE.

CHAPITRE PREMIER.

Compositions.

—

a. PARTIE CHIMIQUE.

C'est avec timidité que nous tentons de classer et d'épurer les nombreuses formules et recettes admises par la pyrotechnie pour atteindre ses différens buts; car, si nous sommes convaincus que la plupart ne parviennent à leurs fins que par un détour, à un moindre degré et avec une plus grande dépense de force qu'il ne serait possible avec les moyens à notre disposition, nous n'appartenons nullement à ceux qui condamnent tout uniquement parce que c'est ancien et ne cadre pas avec leurs nouvelles vues. L'épreuve pratique est sans contredit le meilleur

arbitre entre de vieux usages et de nouvelles idées, mais qui pourrait trouver l'occasion d'établir de telles expériences avec l'extension nécessaire à des innovations aussi graves? Nous offrons donc à l'homme expert notre opinion telle qu'un examen réfléchi et scientifique l'a formée; nous ne croyons pas avoir déjà saisi les moyens les plus exacts, mais nous espérons au moins ouvrir une voie vers l'amélioration.

Quel est le but que veut atteindre la pyrotechnie par ses compositions? Telle est la première recherche nécessaire pour introduire de l'ordre dans ce chaos.

La pyrotechnie emploie des mélanges combustibles dont les propriétés doivent varier selon leur destination; elle admet :

1° Des compositions qui, enflammées, donnent la combustion la plus rapide possible (par exemple celles pour étoupilles);

2° Des compositions d'une combustion lente, dont la durée pour une colonne donnée du mélange, à partir de l'inflammation, est seule considérée (fusées, lances à feu [1]);

3° Des compositions où il ne s'agit pas seulement de la durée de la combustion, mais encore de la quantité et de la tension des gaz qui se dégagent pendant ce temps (fusées de signaux);

[1] La propriété que des colonnes égales de composition brûlent dans des temps égaux, ne dépend que de la préparation mécanique et non de la composition chimique; des compositions mélangées et comprimées uniformément donneront toujours la même durée, quelle que soit leur formation.

4° Des compositions qui doivent produire une température élevée et assez continue pour mettre le feu à des matières végétales, telles que le bois, difficiles à enflammer et placées à leur portée (compositions incendiaires, roche à feu);

5° Des compositions donnnant une vive lumière pendant un temps déterminé (compositions pour éclairer).

Si nous examinons avec plus de soin par quelles compositions la pyrotechnie a atteint jusqu'ici ses différens buts, en nous permettant toutefois de ne comparer que celles qui sont réellement admises dans la plupart des artilleries, et d'élaguer les préparations innombrables répandues dans les divers ouvrages, nous y trouverons des différences très-marquées.

1. Les compositions pour étoupilles de la plupart des puissanees consistent généralement en pulvérin avec addition de salpêtre, soufre, charbon, antimoine, etc.

La Prusse et la Belgique emploient de la poudre grenée comprimée, les autres pays ajoutent à 100 parties de pulvérin :

	Salpêtre.	Soufre.	Charbon.	Antimoine.	Total des matières ajoutées.
France. . .	68	17	25	»	110
Espagne . .	68	17	25	»	110
Angleterre.	107	38	»	»	145
Autriche. .	63	18	»	27	110

Ces compositions, qui doivent produire exactement le même effet, offrent cependant des différences assez

fortes dans leur formation, une seule peut être la vraie, les autres manquent le but.

2. Les compositions d'une combustion lente, doivent être formées de proportions différentes, selon la durée de combustion qu'elles doivent donner pour une longueur déterminée. La comparaison devra donc plutôt porter sur la nature des substances composantes, que sur leur quantité relative.

Les compositions pour fusées se font, dans les différens pays, par les additions suivantes à 100 parties de pulvérin :

	Salpêtre.	Soufre.	Charbon.	Antimoine.	Camphre.	Total.
Belgique. .	57	28,5	»	»	»	85,5
Prusse. . .	100	50	»	»	»	150,0
	66,6	30,3	»	»	»	96,9
	160	80	»	»	»	240
France. . .	66	33	»	»	»	99
	66	33	»	16,5	»	115,5
Autriche .	50	25	»	»	»	75
	100	66	»	»	»	166
Angleterre	185	58	»	»	»	243
Espagne. .	18	12	»	»	»	30
	60	20	»	»	»	80
	3	3	»	»	»	6
	»	»	12,1	»	»	12,1
	»	»	18,3	»	»	18,3
	50	25	»	»	12,3	87
	14	30	»	»	0,2	44,2

Les mélanges employés pour ralentir la combustion du pelvérin sont donc, dans ces cas : le salpêtre, le soufre, le charbon, l'antimoine et le camphre; la quantité en varie excessivement.

Les compositions pour lances à feu s'obtiennent dans les diverses artilleries en ajoutant à 100 parties de pulvérin :

	Salpêt.	Soufre.	Charb.	Antim.	Alun.	Camph.	Poix résine.	Total.
Belgique. .	75	41,6	»	»	»	»	(h. de lin, 6,6)	123,2
Prusse . . .	266	100	»	»	»	»	»	366
France. . .	1065	532	»	»	»	»	»	1597
	1600	800	»	100	»	»	»	2500
Saxe	74	41	»	»	»	»	»	115
Autriche. .	410	71	»	71	»	»	»	552
Angleterre.	52	54	»	»	10	»	66	182
Russie . . .	306	70	»	70	»	»	»	446
Espagne . .	111	155	»	»	»	»	»	266
	23	85	»	»	»	»	»	108
	33	100	»	»	»	5	»	138
	57	114	»	»	»	7	»	178
	»	26,16	»	»	»	»	»	42

Cet aperçu montre combien ici encore les rapports varient, et combien la nature des substances ajoutées est différente.

3. Les fusées de signaux et autres artifices de translation ne se composent communément que des substances constituantes de la poudre. On prend moins de salpêtre que pour celle-ci, afin d'obtenir un mélange d'une combustion moins vive, mais on fait varier au plus haut degré, non-seulement la quantité des substances ajoutées à 100 parties de salpêtre, mais encore le rapport entre le soufre et le charbon. On sait par le dosage de la poudre combien l'action de ces deux substances est différente; il ne peut donc y avoir, ici encore, qu'une seule proportion exacte : toutes les

autres doivent être plus ou moins avantageuses. On ajoute souvent aux compositions des fusées de signaux un excès de charbon grossièrement pulvérisé, pour qu'il se forme dans leur ascension une longue gerbe de feu ; mais il est très-probable que cet excès de charbon est la cause de la difficulté de leur transport et de leur conservation. Une composition plus avantageuse qui donnerait un emploi plus certain et une ascension plus forte, offrirait au moyen d'un fort jet lumineux, un signal visible sur une plus grande étendue et plus perceptible même par un léger brouillard. Dans quelques endroits on a ajouté de la résine, probablement pour donner plus de consistance à la composition et pour en augmenter la conservation à l'air ; mais la quantité de gaz qui se dégage est diminuée de beaucoup, comme nous le verrons plus bas.

5. Nous possédons deux espèces de compositions qui doivent incendier les végétaux. L'une provenant des anciennes flèches ardentes, est un mélange de poix ou de goudron, de résine, etc., avec de la poudre, du chanvre ou de la sciure de bois; quelquefois on y ajoute des graisses et des huiles, que les anciens artificiers regardaient déjà comme nuisibles. L'autre consiste en un mélange de salpêtre et de soufre (roche à feu). Pour donner une idée approximative de la nature des compositions de la première espèce, nous avons rangé les différentes sortes de poix, de colophanes, etc., sous la rubrique de résine; la cire et le suif sous celle de graisse, enfin la poudre grenée et le pulvérin sous celle de poudre, et nous avons calculé

les quantités nécessaires de chacune de ces substances pour 100 parties de poudre, qu'il faudra ajouter à chacune des compositions.

	Résine.	Graisse.	Salp	Soufre.	Antim.	Chanv.	Téréb.	Total.
Belgique. .	37	7,4	11,1	7,4	»	0,96	»	63,86
Prusse . . .	37,5	3,7	»	»	»	3,7	»	44,9
	85,9	5,7	»	»	»	11,4	»	102,0
France . .	60,0	3,3	»	»	»	»	»	63,3
	75,0	»	100	88,5	»	»	»	263,5
	100,0	»	16,6	8,4	»	»	»	125,0
Autriche. .	40,0	5,0	»	20,0	30,0	13,0	4,1	112,1
Russie . . .	66,0	12,4	120,0	»	»	0,5	»	198,9
Espagne . .	83,0	6,6	»	»	»	5,0	»	94,6
	100,0	8,0	20,0	»	»	6,0	»	134,0

Ces compositions, qui laissent toutes les autres proportions arbitraires, offrent une différence notable en ce que les unes admettent le mélange de poudre et de substances végétales, sans les altérer, et que les autres comprennent du salpêtre qui réussit plus ou moins à activer la combustion de ces substances. Le second dosage français est visiblement une moyenne entre la composition incendiaire et la roche à feu.

Si nous examinons les compositions usitées de seconde espèce, nous trouverons que le salpêtre en forme la base [1]. En le représentant par 100, les proportions des autres substances seront comme suit (la poudre grenée et le pulvérin rangés sous la rubrique de poudre) :

[1] Les Autrichiens paraissent avoir employé pour la 1re fois cette composition au siége de Valenciennes ; ils la chargeaient en morceaux fondus dans des obus.

	Soufre.	Poudre.	Antim.	Résine.	Mèche de communicati.	Suif.	Total.
Belgique. .	400	125	»	»	»	»	525
Prusse . . .	100	17	»	»	»	»	117
Autriche .	116	133	555 [1]	»	77	»	881
	140	10	40	»	5	»	195
France. . .	400	175	»	»	»	»	575
	500	300	»	»	»	»	800
	250	175	»	»	»	»	425
	400	200	»	»	»	»	600
Angleterre.	40	»	10	14	»	8	72
Dosage de Valenciennes.	48	»	36	10	»	»	94

6. Quelques artilleries se servent des mêmes compositions pour incendier et éclairer : cet usage peut être bon, si l'on regarde les compositions précédentes de la seconde espèce comme de bonnes compositions incendiaires; car si l'on diminue la proportion de poudre qui rougit la flamme, elles donneront une flamme blanche , mais la vivacité de leur combustion diminuera dans le même rapport, et par suite la chaleur qu'elles dégagent, ainsi que vraisemblablement leur force incendiaire.

Les vraies compositions à éclairer ont une assez grande quantité de substances additionnelles ; si on les calcule pour 100 parties de salpêtre, elles contiendront :

[1] La prédilection des artificiers autrichiens pour l'antimoine est remarquable; il fait partie de presque toutes leurs compositions ; sans fournir autre chose qu'un mélange de soufre et de charbon, il rend les préparations plus difficiles et plus coûteuses, laisse un fort résidu et nuit à la santé des manipulateurs.

	Soufre.	Poudre.	Résine.	Camphre.	Huile de pétrole.	Térébent.	Sel ammoniaq.	Mercure.	Antim.	Sulfure d'arsénic.	Suif.	Total.
Belgique . . .	40	20	30	»	»	»	»	(1,2 étoup.)	10	(20cire)	»	121,2
Prusse	77	77	»	»	»	»	»	»	»	»	»	84,7
France	50	2100	1500	»	»	»	»	»	»	»	50	3700
	23	»	108	»	»	»	»	»	»	»	»	131
	57	»	42	»	»	»	»	»	»	»	»	99
	100	100	»	75	»	»	»	»	»	»	»	275
Espagne . . .	50	50	12	12	33	»	12	8	»	»	»	177
	350	100	»	»	»	»	»	»	6	»	50	506
Angleterre . .	39	»	30	»	»	8	»	»	»	»	»	77
Feu indien . .	29	»	»	»	»	»	»	»	»	8	»	37
Id. de Bengale.	29	»	»	»	»	»	»	»	14	»	»	43

Nous devons admettre, après avoir vu de quelle manière différente, et par suite avec quel succès différent, les diverses artilleries atteignent le même but, que les compositions d'artifices ne sont point basées sur des essais aussi précis que l'est le dosage de la poudre ; autrement elles devraient donner avec certitude un même résultat que la théorie sanctionnerait comme le seul exact. Les essais manquant, il ne reste pour parvenir à la vérité que la voie théorique ; mais celle-ci peut nous mener à de graves erreurs par notre connaissance imparfaite de nombreux agens influens ; ce qui suit n'aura donc de mérite certain que lorsque de nombreuses épreuves l'auront confirmé.

Nous allons émettre, dès le commencement, nos idées sur les compositions d'artifices.

1° On peut obtenir tous les effets que les artifices peuvent produire au moyen des trois corps constituans la poudre, et l'on peut ainsi rejeter toutes les autres substances employées jusqu'ici, ce qui simplifie singulièrement les appareils et les travaux de l'artificier, et les rend même en partie moins dangereux.

2° Toutes les compositions, à l'exception de celles à éclairer, ont pour principe la poudre ; toutes les additions ne servent qu'à en ralentir la combustion.

3° Il faut, comme nous l'avons vu, considérer dans ces compositions : *a* la quantité de gaz qu'elles dégagent, et *b* l'élévation de température qu'elles donnent. Le *maximum* de ces deux facteurs existe dans la poudre, sans qu'il soit possible de le porter plus haut;

le chlorate de potasse même ne fait qu'en activer le dégagement, ce qui ne peut être d'aucune utilité dans les artifices, puisqu'il s'agit justement de le ralentir.

4° On ne doit point troubler le dosage théorique de la poudre pour en ralentir la combustion, parce que la température et la quantité de gaz diminueraient instantanément.

5° Les moyens admis jusqu'ici dans la plupart des compositions, pour rendre la poudre moins combustible, en troublaient toutes les proportions chimiques et en diminuaient donc et la combustibilité, et l'effet qu'on cherchait à obtenir; il faut ainsi de plus fortes quantités de composition, qu'il ne serait nécessaire, pour obtenir les mêmes résultats, sans pouvoir atteindre le *maximum* de l'effet possible.

6° Il y a moyen de ralentir la combustion sans affaiblir la force intrinsèque, soit: *a* en comprimant fortement le pulvérin; *b* en écartant ses particules par le mélange de substances combustibles; *c* par l'addition d'un mélange brûlant lentement de salpêtre et de souffre, qui n'influe en rien sur la déflagration de la poudre, mais qui se comburant lentement, ralentit la première.

7° Nous croyons donc non-seulement atteindre, mais encore surpasser l'effet de toutes les compositions pour artifices, par du pulvérin rendu moins combustible, sans que ses proportions chimiques soient détruites par la substance ajoutée.

8° La meilleure composition à éclairer pour l'ar-

tillerie consiste aussi dans du pulvérin mêlé à un excès de ce mélange de soufre et de salpêtre, dont nous venons de parler.

Nous devons développer les raisons de ces vues. Prenons d'abord les compositions qui doivent satisfaire aux conditions les plus difficiles, et que l'on doit chercher à amener à la perfection, c'est-à dire les compositions pour artifices de translation et incendiaires. Les premières doivent donner lieu à la plus grande masse et à la plus grande tension possibles de gaz, les autres à la température la plus élevée possible.

De toutes les substances, les trois composantes de la poudre, prises dans les proportions usitées pour son dosage, sont celles qui, d'après nos vues, satisfont au *maximum* de ces conditions.

La plus grande quantité de gaz qu'on puisse obtenir d'un corps solide est celle qui résulte de la combustion du charbon dans du gaz oxigène comprimé, ce qui a lieu dans la déflagration de la poudre. En y ajoutant un excès de charbon, nous obtiendrons plus de gaz par sa tranformation en gaz oxide carbonique, mais nous savons que la tension diminue dans le même rapport. Pour obtenir la plus forte tension possible, nous devons donc prendre pour chaque atome de charbon, 2 atomes d'oxigène [1]; ainsi pour chaque atome de salpêtre, qui contient 6 atomes d'oxi-

[1] Le gaz acide carbonique est formé de 1 atome de charbon et de 2 d'oxigène.

gène, il faudra 3 atomes de charbon. Mais pour que, non-seulement les 5 atomes d'oxigène de l'acide, mais encore celui de la potasse puissent se combiner avec les 3 atomes de charbon, et former du gaz acide carbonique, il faut ajouter 1 atome de soufre, comme nous le savons. C'est sous ces circonstances, réunies dans la poudre, que nous produirons la plus forte tension de gaz qu'il nous soit possible d'obtenir par une réaction chimique instantanée. Nous pouvons graduer à volonté la rapidité du dégagement, mais en diminuant le coefficient de tension si nous la ralentissons, car plus la durée du dégagement est grande, plus il y a perte de chaleur pour la dilatation des gaz. La plus haute puissance de tension se trouve, comme nous le voyons facilement, dans la poudre la plus combustible, dans la *poudre brontique*[1]. La poudre ordinaire exigeant plus de tems pour sa déflagration, donne une tension moindre, qui diminue à mesure que l'autre ralentit. Nous pouvons en tirer la conséquence certaine, que si des volumes ou poids égaux de deux compositions différentes mettent le même temps à se comburer, et que l'une d'elles soit de la poudre dont la combustibilité a été ralentie soit par la compression, soit par un agent mécanique qui n'en trouble point les proportions chimiques, elle donnera une plus forte tension de gaz (tant pour la quantité que pour la dilatation) que l'autre, quelle qu'en soit la composition, qu'elle soit formée par

[1] Poudre où le salpêtre est remplacé par le chlorate potassique.

d'autres substances que la poudre, ou que les proportions chimiques de celle-ci soient détruites.

Tous les autres corps que nous pourrions mêler au salpêtre donneraient moins de gaz; car, ou ils ne le décomposeraient pas aussi rapidement que le charbon, ou ils produiraient moins de gaz avec l'oxigène. Les substances combustibles que l'on ajouterait à la poudre s'empareraient d'une partie de l'oxigène et diminueraient ainsi la masse des gaz.

L'on obtiendrait les mêmes résultats s'il s'agissait de produire une température élevée. La plus haute que nous puissions produire est celle qui résulte de la combustion de l'hydrogène dans l'oxigène; la suivante est celle du charbon dans l'oxigène; celle que produit la combustion de la combinaison d'hydrogène et de charbon dans le gaz oxigène ou l'air atmosphérique est beaucoup plus faible [1].

Les moyens dont dispose l'artilleur ne peuvent produire la première combustion, qui exige des appareils particuliers. La suivante, qui a lieu dans la déflagration de la poudre, est la plus haute que nous puissions atteindre. Lorsqu'on chauffe des végétaux, tels que la résine et la poix contenues dans les compositions incendiaires de la 1re classe, il se dégage du carbure hydrique, gaz qui brûle dans de l'oxigène impur si la composition contient, outre la poudre,

[1] Une partie en poids de gaz hydrogène brûlé dans le gaz oxigène dégage assez de calorique pour fondre 400 de ces mêmes parties de glace; une de charbon de bois pour en fondre 104, et une de carbure hydrique pour en fondre 88.

du salpêtre, et dans l'air, comme le ferait la poix, si elle ne contient que de la poudre, qui, dans ce cas, élève la température. On pourrait donc obtenir sans l'aide de la poudre la combustion de la poix, comme elle a lieu dans les compositions incendiaires, en la fondant, en la faisant bouillir et en l'enflammant.

Il est par suite impossible que des compositions où la poix est mêlée à la poudre, pour produire du carbure hydrique, donnent une température approchant de celle de la combustion du charbon dans la poudre seule.

Comment expliquer alors que la poix enflamme facilement le bois, et que la poudre, d'une combustibilité instantanée, n'y parvient que difficilement?

L'inflammation de tous les végétaux consiste en une distillation des gaz inflammables, qui se forment quand ils sont chauffés, se dégagent par l'élévation de la température et se combinent avec l'oxigène de l'air en donnant lieu à du feu. Cette distillatiou doit toujours précéder l'inflammation d'une matière végétale, qui ne saurait être enflammée tant qu'elle retient ces gaz à l'état de combinaison. Quand les gaz chassés par la chaleur se sont enflammés, ils échauffent sans le secours d'autre feu, le végétal qui brûle en dégageant tous les gaz qui s'unissent à l'oxigène avec dégagement de feu, laissant pour résidu sa carcasse changée en charbon. Celui-ci se combine avec l'oxigène sans entretenir de flammes, jusqu'à ce qu'il ne reste plus que les cendres incapables de se combiner avec lui. Si la chaleur extérieure cesse son action avant que la dis-

tillation n'ait commencé la sienne, ou ne l'ait exercée que sur une trop petite partie, le feu s'interrompt et le gaz déjà enflammé s'éteint, parce que l'air ambiant absorbe plus de calorique qu'il ne peut en dégager par son inflammation; toute combinaison cesse, comme ne pouvant s'effectuer qu'à une haute température.

La force incendiaire de la poix, même de celle qui est échauffée par la poudre ou par un autre moyen, n'est donc pas dans sa haute température, puis qu'elle ne peut la faire naître, mais dans le dégagement de la chaleur nécessaire pour enflammer les gaz qu'elle chasse par la distillation des matières végétales voisines, et dans la durée suffisante de cette chaleur pour mettre cette distillation indispensable en activité.

La poudre, au contraire, donne une température beaucoup plus élevée, mais son action cessant instantanément, cette distillation, qui exige quelque tems, ne peut s'opérer, et la matière végétale à enflammer reste sans être brûlée.

Si nous relentissons la combustion de la poudre, ce tems croît, quoiqu'il ne devienne jamais aussi long que dans la combustion de la poix, même de celle qui est mêlée à la poudre ou chauffée ; mais on peut admettre que, puisque la température sera si fortement élevée, elle réussira à produire la distillation en moins de temps. La foudre, quoique n'agissant qu'instantanément, incendie, et beaucoup d'explosions de poudre ont mis du bois et même de très-

grands magasins en feu. Il paraît même que l'avantage des compositions à poudre serait assez grand, pour qu'on puisse incendier avec de moindres quantités, et éviter ainsi les grands inconvéniens que présentent la poix et la résine.

D'après les essais que j'ai faits de mélanges de goudron et de seiure de bois, de goudron et de salpêtre, de goudron et de poudre, il paraît que la force d'inflammation du goudron et certainement encore moins celle de la poix, etc., ne sont guère augmentées par la poudre et le salpêtre; il y a plus, de faibles inflammations sont éteintes par le dégagement de gaz devenu plus fort, et la durée de la combustion diminue fortement. La flamme est moins tranquille, plus saccadée et par suite certainement moins propre à enflammer. Il paraît donc que l'on affaiblit la force d'inflammation des résines en ralentissant la durée de leur combustion par l'addition de la poudre, et en n'excitant pas dans le même rapport l'élévation de la température; d'un autre côté, il est sûr qu'on diminue la force de combustion de la poudre en y mélant des résines; car quoiqu'on en augmente la durée, on diminue trop le dégagement de chaleur. On ne doit donc point mélanger ces deux substances, mais on peut utiliser séparément la durée de la combustion de l'un et la température de l'autre. Dans l'incendie de portes, de ponts, etc., où la masse à incendier est grande et où le corps incendiaire brûle sur une grande étendue et ne resserre pas sa flamme dans des orifices étroits, on doit tirer profit de l'action comburante des

résines, utiles dans ces cas pour bien atteindre le but. Mais on devrait s'en tenir aux compositions de poudre pour les projectiles incendiaires.

Dans ce cas encore on ne devra point troubler les proportions chimiques de la poudre, si l'on veut obtenir à un haut degré l'effet désiré.

Examinons la seconde classe de compositions incendiaires, la roche à feu. Elle est formée principalement, comme nous l'avons vu, de salpêtre, de soufre et d'un peu de poudre. Si nous recherchons comment le salpêtre peut être décomposé, nous trouvons qu'il ne peut l'être par le soufre qu'à la chaleur rouge; car un mélange de soufre et de salpêtre ne se décompose que lorsque la température s'élève au point de fusion, non-seulement du soufre, mais aussi du salpêtre.

Si ce dernier est amené à cette température soit par la poudre, soit par un excès de soufre, son acide se décompose et donne lieu à cinq atomes d'oxigène et à deux de nitrogène. Trois atomes de l'oxigène devenu libre, se combinent avec un atome de soufre et forment un atome d'acide sulfurique qui s'unit à la potasse; les deux autres atomes d'oxigène devenus libres se dégagent, à moins qu'il n'y ait assez de soufre qui se volatilise, dans ce cas un atome de celui-ci se combine avec les deux autres d'oxigène, et donne lieu à du gaz acide sulfureux avec un vif dégagement de lumière. Ainsi un atome de salpêtre fournit assez d'oxigène pour s'emparer de deux atomes de soufre, et le restant brûle aux dépens de l'oxigène de l'air, en donnant peu de

chaleur. Celle que donne la poudre contenue dans la composition est employée pour fondre et pour rougir le salpêtre, jusqu'à ce que le soufre puisse le décomposer; elle se perd donc entièrement. Cette composition ne donne ainsi d'autre chaleur que celle de la combustion de deux atomes de soufre dans l'oxigène, mais elle est beaucoup moindre que celle que l'on obtiendrait de la combinaison de la même quantité d'oxigène avec le charbon, ce qui a lieu dans une quantité égale de poudre. La roche à feu donne donc une moindre élévation de température qu'une même quantité de poudre ; elle n'a sur celle-ci que l'avantage d'une combustion plus lente, puisque le soufre décomposant plus difficilement le salpêtre, que ne le fait le charbon à l'aide du soufre, exige plus de temps pour le réduire.

Si nous parvenons à ralentir convenablement la combustion de la poudre, elle offrira une force incendiaire supérieure à celle de la roche à feu.

Nous pouvons ainsi admettre en général que la poudre, non altérée dans sa composition chimique, brûlant lentement, donne toujours les meilleures compositions pour artifices de translation, et si l'on parvient, en ralentissant sa combustion, à atteindre le temps le plus court qui soit nécessaire pour opérer la distillation des gaz contenus dans les matières végétales à incendier, elle fournira aussi les meilleures compositions incendiaires.

Toutes les compositions employées jusqu'ici n'étaient que des mélanges brûlant plus lentement que

la poudre, qui formait la base de toutes, et que l'addition de corps non convenables rendait non-seulement d'une combustion lente, mais encore mauvaise; elles ne pouvaient donc pas fournir le *maximum* d'effet.

On ralentissait effectivement la combustion de la poudre dans la plupart des cas, par exemple, dans toutes les compositions pour artifices de translation, par l'addition arbitraire de soufre et de charbon. On en changeait ainsi non-seulement la proportion, mais on diminuait encore la masse de gaz et la tension que cette quantité de poudre, non altérée, eût produite. Il devait se former moins de gaz carbonique dès que le rapport exact de 18 à 101, 2, outre le charbon et le salpêtre, était troublé; ce qui arrivait, tout en laissant subsister le rapport entre le charbon et le salpêtre, en portant la quantité de soufre jusqu'à 16, car alors, l'excès de celui-ci exigeant pour brûler une partie de salpêtre, soustrayait ainsi de l'oxigène au charbon et rendait sa combustion dans ce gaz incomplète. Il est impossible de nier que la détermination de toutes ces compositions se fait arbitrairement et sans aucun principe fondamental. On croyait qu'en diminuant la quantité de salpêtre, on pouvait ajouter du soufre et du charbon en toutes proportions. Les avantages de la préparation mécanique, d'une meilleure compression, d'une meilleure conservation, d'un plus grand poids spécifique, etc., firent préférer les compositions riches en soufre, et l'on compensa la diminution du salpêtre par l'addition de ce corps, plutôt que par celle

de charbon. On devait s'attendre par ces tâtonnemens à n'obtenir aucun résultat vraiment exact.

Outre la diminution de salpêtre pour ralentir la combustion, on se servit du mélange de corps tout-à-fait étrangers. L'antimoine, qui décompose plus lentement le salpêtre que ne le fait le charbon, et plus rapidement que le soufre, fut employé comme un moyen plus doux de retarder la déflagration; il le fallait en plus grande quantité que le soufre pour produire le même effet; il donne très-peu de gaz et laisse un résidu beaucoup plus grand : il serait donc plus mauvais par cette raison seule, s'il n'était encore plus difficile à se procurer et nuisible à la santé. Le camphre aussi ne ralentit pas autant la combustion que le soufre; il se volatilise, coûte cher, et l'on ne peut guère défendre la raison alléguée quelquefois, qu'il garantit les fusées contre l'humidité et qu'il fait voir la place où le projectile creux tombe; la composition pour fusées bien comprimée se conserve sans camphre, et si l'on veut en faire briller la flamme, on y parvient en prenant des proportions convenables de salpêtre et de soufre, qui la rendent beaucoup plus lumineuse. Quand il s'agit d'une durée précise de combustion, on ne peut admettre les résines, car ne pouvant les mêler intimement à la composition, elles ne peuvent l'être uniformément.

Nous avons déjà parlé plus haut du mélange de résines, de graisses et d'huiles avec les compositions incendiaires. Quelques compositions de cette espèce n'agissent, ainsi que nous le savons, que comme la

poix et la résine chauffées, et d'après les raisons alléguées plus haut, moins sûrement que lorsqu'on s'en sert sans mélange. La poudre, qui y est contenue, ne sert d'abord qu'à les fondre, puis à distiller les gaz inflammables; s'il s'y trouve des huiles, elles doivent être amenées à l'ébullition aux dépens de la chaleur engendrée par la poudre; le calorique devient latent dans leurs vapeurs et ne peut plus agir comme s'il était libre. Toutes les compositions à résines donnent encore aux bombes incendiaires l'inconvénient de déposer, par la combustion, beaucoup de charbon qui obstrue le passage de l'air, entrave le feu et rétrécit les orifices.

Puisque nous avons montré combien sont grandes les probabilités pour que la poudre non altérée, mais brûlant lentement donne des compositions pour artifices de translation et incendiaires meilleures que tout autre mélange, nous pouvons aussi admettre que les compositions d'une explosion rapide et qui doivent brûler également dans le même tems et dans les mêmes espaces, obtiendront tout leur effet par cette même poudre non altérée, mais ralentie dans sa combustion; pour les dernières, où il s'agit d'un mélange très-uniforme, aucune composition ne peut égaler la poudre.

Nous devons développer plus spécialement les moyens qui, selon nous, se présentent pour ralentir la combustion de la poudre non altérée.

Le premier moyen suffisant pour un grand nombre de cas, est, comme nous le disions, une forte com-

pression. Le pulvérin peut déjà être rendu beaucoup moins combustible en le comprimant avec la main.

Cette compression ne suffirait plus pour de grandes masses, où il est difficile de la rendre aussi uniforme que lorsqu'on agit sur de petites quantités, même si l'on exerçait cette pression au moyen de machines. Il nous reste encore deux autres expédiens : l'un consiste à séparer mécaniquement les particules de la poudre, par des substances incombustibles comme du plâtre lavé, de la craie, etc. On devra vérifier jusqu'à quel point on peut pousser ce procédé, mais on peut dès maintenant admettre que, joint au ralentissement par la compression, il suffira pour toutes les compositions de fusées, de lances à feu et de fusées de signaux, etc. Une addition de 20 centièmes de craie dans des essais en petit, sans aucune compression, donne un feu assez lent. La craie offre l'avantage de pouvoir être débarrassée de toute terre siliceuse par des lavages faits avec soin ; on peut aussi, si on le désire, la produire chimiquement pure. On sait par expérience que le carbonate de chaux donne par lui-même, quand il est chauffé, un dégagement de chaleur aussi fort que celui qui résulte du combustible employé; cette chaleur est peut-être très-favorable dans ce cas.

Si des essais prouvaient que ces procédés ne peuvent donner de compositions incendiaires d'une combustion assez lente pour produire la distillation des gaz contenus dans les matières à incendier [1], on devra recourir au dernier moyen de ne point troubler les

[1] D'après quelques essais il paraît que les compositions incen-

proportions chimiques de la poudre, en en ralentissant la combustion, pour l'employer avec les deux moyens précédens. On devra pousser ceux-ci jusqu'à leur limite, pour n'employer qu'aussi peu que possible ce dernier procédé.

Il consiste, comme on l'a déjà indiqué, à mêler à la poudre *une composition analogue d'une combustibilité très-lente*, qui brûle seule, sans s'emparer des parties constituantes de la poudre. Cette composition citée plus haut, renferme un atome de salpêtre et deux atomes de soufre. Le mélange se décompose seul et donne lieu à un atome de sulfate potassique, un atome de gaz sulfureux et deux atomes de nitrogène; en brûlant lentement, il ralentit très-fort la combustion de la poudre même, sans cependant en troubler aucunement ni la décomposition ni l'action, parce qu'il forme comme elle un tout séparé [1]. Ce mélange de soufre-salpêtré (ainsi nommé par abréviation) et de poudre, est intrinséquement différent des compositions pour artifices de translation, etc., employées jusqu'ici, en ce que dans celles-ci la proportion de salpêtre diminuait, tandis qu'elle reste toujours

diaires ordinaires, exigent un peu plus d'une minute pour l'inflammation du bois.

[1] Ce mélange est le second que l'on peut former avec les parties constituantes de la poudre, pour donner une décomposition chimique. Le premier est la poudre elle-même, où le charbon décompose complétement le salpêtre par l'intermédiaire du soufre; dans le second, le salpêtre est décomposé entièrement par le soufre : tout autre mélange ne le ferait qu'en partie. Il donne en gaz 33 centièmes de son poids, tandis que la poudre en donne 58.

de 75 centièmes dans l'autre, et que le rapport du soufre au charbon augmente seul, mais de manière que le soufre se partage entre le salpêtre et le charbon, en proportions convenables pour qu'il puisse se former du sulfure potassique. Afin de rendre ceci plus intelligible, nous allons donner la composition du mélange, en le faisant varier de 10 en 10 centièmes. La poudre contient 100 parties de salpêtre, 16 de soufre et 18 de charbon ; le soufre salpêtré, 100 de salpêtre et 32 de soufre ; donc si nous prenons d'abord 90 centièmes de poudre mêlés à 10 centièmes de soufre-salpêtré, puis 80 à 20, 70 à 30, etc., nous obtiendrons pour les 100 parties du mélange les rapports suivans entre les quantités constituantes :

				Salpêt.	Soufre.	Charb.
90 part.	de poudre	10 part.	de soufre-salpêtré	75,0	13,9	11,1
80	»	20	»	75,0	14,2	10,8
70	»	30	»	75,0	14,9	10,1
60	»	40	»	75,0	16,6	8,4
50	»	50	»	75,0	18,0	7,0
40	»	60	»	75,0	19,2	5,8
30	»	70	»	75,0	20,4	4,6
20	»	80	»	75,0	21,6	3,3
10	»	90	»	75,0	22,8	2,2

Dans toutes ces compositions le dosage exact n'est pas détruit, et cependant les dernières brûleront lentement, les deux dernières surtout cadrent parfaitement avec les compositions à éclairer et la roche à feu. Le calcul nous montre en outre que toute composition, renfermant 75 parties de salpêtre et au moins

12 de soufre, quel que soit du reste le rapport entre le soufre et le charbon, donne un mélange exact de poudre et de soufre-salpêtré qui brûlent tranquillement et sans se troubler mutuellement, et où la quantité de gaz, la température et la durée de la combustion, sont une moyenne arithmétique entre celles propres aux deux mélanges séparés. C'est l'unique méthode de ralentir la combustion de la poudre, en changeant le rapport de ses parties constituantes, que la science puisse approuver [1].

Nous pensons conséquemment que toutes les compositions citées plus haut, sous les rubriques 1-5, peuvent être non-seulement imitées, mais encore surpassées de beaucoup par la poudre seule: 1° en la comprimant fortement; 2° en ralentissant sa combustion par la compression et la séparation mécanique de ses particules; ou enfin, 3° en la comprimant, et en retardant mécaniquement et chimiquement sa déflagration.

Reste à examiner les compositions à éclairer. La lumière la plus vive que la chimie puisse produire, est celle que donne la combustion du phosphore ou du soufre dans le gaz oxigène. La pratique ne permet pas l'emploi du phosphore, mais on se sert facilement du soufre, en utilisant le dégagement du gaz oxigène du salpêtre. Si on fond du salpêtre dans un têt, qu'on le chauffe jusqu'à ce qu'il dégage de

[1] Un inconvénient de ces compositions, c'est qu'elles laissent plus de résidu que la poudre; celle-ci n'en laisse que 0,41, tandis que le soufre salpêtré en donne 0,63.

l'oxigène et qu'on y jette des fragmens de soufre; ceux-ci s'enflamment avec une lumière si vive que l'œil peut à peine la supporter. Elle est moindre quand on enflamme un mélange de salpêtre et de soufre; celui-ci forme en partie de l'acide sulfurique qui se combine avec la potasse et reste comme résidu; l'autre partie se sublime et brûle dans le restant d'oxigène devenu libre, en donnant lieu à une vive lumière. C'est sur ce phénomène que reposent toutes les anciennes compositions à éclairer, dans lesquelles cependant le rapport du soufre au salpêtre est très-variable, tandis qu'un seul peut, dans ce cas encore, être le vrai, et que tout excés doit nécessairement obscurcir la lumière. La plupart des artilleries voulant fondre leur composition à éclairer, durent prendre beaucoup de soufre. La seule proportion chimique entre le soufre et le salpêtre, est celle que nous avons désignée sous le nom de soufre-salpêtré; nous en avons dit plus haut la formation et la décomposition : c'est la meilleure composition à éclairer, et il est remarquable que nous la trouvions exactement dans le feu indien si renommé, et dans les feux de Bengale, si nous déduisons le salpêtre nécessaire à la combustion du sulfure d'arsenic et d'antimoine de celui qu'exige le soufre. En faisant cette soustraction, on trouve 100 parties de salpêtre pour 32 de soufre, ce qui est le dosage voulu.

Nous avons déjà dit que le soufre-salpêtré est très-difficile à enflammer, parce que le soufre ne décompose le salpêtre qu'à la chaleur rouge. On doit donc le

chauffer et le mettre en action par le mélange d'une substance très-combustible. Le plus mauvais moyen serait un excès de soufre. Un mélange de 100 parties de salpêtre et de 50-60 de soufre brûle de lui-même en l'approchant d'une flamme, mais donne une lumière blafarde et transparente, la poudre est encore dans ce cas beaucoup plus avantageuse; si, à 90 centièmes de soufre-salpêtré on ajoute 0,10 de poudre, le mélange donne une combustion assez lente et répand une lumière à peine supportable à l'œil nu. On peut aussi pour échauffer le mélange se servir du sulfure d'antimoine mêlé au salpêtre, ou du sulfure d'arsenic et du salpêtre, comme cela a lieu dans les feux de Bengale et indiens. Ces deux moyens ont l'avantage de faire volatiliser les métaux ardens, de rendre la flamme opaque et par suite plus visible. Des essais précis prouvèrent cependant que la différence est peu marquée, que l'antimoine laisse un résidu spongieux et que l'arsenic devient dangereux dans l'emploi en grand, par la grande dispersion de la composition quand on la comprime. L'antimoine rend la lumière bleue et par suite moins efficace. C'est ainsi que des huiles volatiles, du camphre, etc., qui brûlent également dans la flamme et la rendent plus dense, ne donnent aucun avantage, parce qu'ils retardent la combustion et absorbent beaucoup de calorique; tandis que la flamme devient lumineuse en raison directe de sa température. Tels sont aussi les effets des additions de zinc et de verre en poudre, etc. Il n'est pas nécessaire de démontrer l'action nuisible

de la résine et de la paix ajoutées par les artificiers aux compositions à éclairer, pour les rendre à la fois incendiaires.

Il est donc vraisemblable que nous pourrons obtenir avec le salpêtre, le soufre et le charbon, dans leurs deux compositions chimiques, comme poudre et soufre-salpêtré, et le mélange de ces deux corps, tous les résultats que l'artillerie attend de ses artifices; ce qui, en les simplifiant, faciliterait leur confection en campagne, et nous donnerait une bonne voie pour nous soustraire au mélange arbitraire des substances.

Les flammes colorées sont encore peu étudiées; il paraît qu'en général leur couleur est due à la volatilisation de la base des sels ajoutés; ces flammes exigent donc une très-vive combustibilité, qui doit croître à mesure que cette base est moins volatile; ainsi l'on peut produire la flamme verte en ajoutant des sels de cuivre à la poudre ordinaire, tandis que la rouge, par le nitrate strontianique, ne peut s'obtenir que par l'addition de chlorate potassique, et que la verte, par le nitrate barytique, exige une combustion plus vive encore.

---

b. PARTIE MÉCANIQUE.

Nous avons développé plus haut les raisons qui nous font croire que l'on pourrait produire toutes les compositions plus avantageusement qu'elles ne l'ont été en suivant les instructions actuelles, par un mé-

lange de pulvérin, d'une substance incombustible et au besoin de soufre-salpêtré. Nous avons donc deux genres principaux de compositions à traiter, les anciennes et celles que nous proposons. Nous pensons que ces dernières offriront encore une grande supériorité sur les autres, sous le rapport de la facilité de leur préparation mécanique.

En conséquence, nous allons d'abord exposer la préparation des anciennes compositions avec les changemens qu'elle peut réclamer, puis celle des nouvelles.

I. *Préparation mécanique des anciennes compositions.*

a. PULVÉRISATION DES SUBSTANCES.

La difficulté de la pulvérisation du salpêtre, qui exigeait un raffinage complet, disparaît entièrement depuis que les procédés actuels de le raffiner le livrent après le dernier lavage, en cristaux infiniment petits. Quand ceux-ci sont trop gros, on les pulvérise dans les tonnes avec des gobilles en bronze; ce qui épargne beaucoup de tems et de matériel. Huit hommes en brisaient 2 quintaux en 10 heures avec un déchet de 16 à 20 livres, tandis qu'au moyen d'une tonne selon les dimensions françaises, quatre hommes, dont 2 pour tourner et 2 pour peser et les relever, pulvérisent avec 80 livres de gobilles 1/2 quintal de salpêtre en 2 1/2 heures, à 30 révolutions par minute; ainsi 10 hommes réduiraient 4 quintaux en

8 heures, sans perte remarquable. En Autriche, on mêle un quintal de salpêtre à 3 quintaux de gobilles, et on leur imprime 3000 révolutions à 30 par minute. On peut dans de grands laboratoires troubler la cristallisation du salpêtre après son raffinage, en l'agitant avec des spatules en bois. En Saxe, on moud avec beaucoup de succès le salpêtre dans un moulin à meules.

On pulvérisait jusqu'ici le charbon, l'antimone, le soufre, etc., en les pilant dans des mortiers; on en perdait beaucoup en poussière, le travail était mal propre et nuisible à la santé. On emploie maintenant avec le plus grand avantage les tambours, même pour la préparation du pulvérin qui se faisait jusqu'ici sur la table à égruger; celle-ci donnait un très-grand déchet des matières constituantes qui se perdaient inégalement et ne pouvaient être complétement réduites. En France, on pulvérise le charbon en une demi-heure, en y ajoutant le quadruple de son poids en gobilles; l'on met 4 heures pour le soufre et l'on prend de plus fortes gobilles. On n'emploie que deux heures pour la poudre grenée en y ajoutant une fois et demie son poids en gobilles. Cette dernière opération exige, pour éviter une explosion que les révolutions ne soient pas trop rapides, si les tambours ont un grand diamètre.

La méthode française, qui consiste à renfermer la poudre grenée dans un fort sac en cuir et à le frapper à coups de lourdes masses, n'est pas recommandable.

Les résines sont difficiles à pulvériser; la colophane

et la poix noire sont celles qui se réduisent le plus facilement. La première seule entre dans les compositions réduites en poudre; les autres espèces sont fondues et n'exigent donc point de pulvérisation. La colophane doit être pulvérisée sur la table à égruger, parce qu'elle ne deviendrait pas assez fine dans la tonne.

b. MÉLANGE DES SUBSTANCES.

On doit apporter encore plus de soin que pour la poudre dans l'exactitude de la pesée des substances, quand il s'agit de la plus grande quantité possible de gaz ou de la plus grande identité possible d'effet. Il est certain que dans une fabrication réglée, où les poids et les mesures sont préparés pour certaines quantités qui se représentent toujours, il se glissera moins facilement des erreurs que dans des préparations variant journellement de quantité et de nature. La siccité des substances employées doit aussi être constatée avec plus de soin encore que pour la poudre, où l'humidité ne trouble que les proportions chimiques, tandis qu'ici elle troublerait encore la combustion, ne pouvant, comme dans la poudre, en être chassée par le séchage. On ne doit donc employer que des charbons nouvellement obtenus et conservés dans des vases bien fermés, ainsi que du salpêtre très-sec, et avoir soin, si c'est possible, de ne faire que la quantité nécessaire de mélange pour le travail du jour même. La composition étant comprimée et renfermée,

l'on ne doit plus autant craindre l'absorption de l'humidité.

L'on ne fait pas toujours assez attention au pulvérin que l'on ajoute aux compositions; il est souvent préparé depuis long-tems et conservé dans des tonnes qui ne ferment pas hermétiquement. La durée de la combustion étant si essentielle, il serait beaucoup plus important dans ce cas, d'éprouver la poudre au moyen de l'éprouvette qu'il ne l'est de le faire pour les charges des bouches à feu, surtout pour celles des canons, où il s'agit davantage de la quantité de gaz produit.

Le mélange se faisait anciennement, et aujourd'hui encore dans presque tous les laboratoires, sur la table à égruger, quoique le tambour que nous possédons depuis long-tems soit un mélangeoir supérieur sous tous les rapports. Il n'est pas possible de produire sur la table à égruger une composition aussi intime que dans un tambour; car le tamisage répété avec des tamis très-fins, comme on le fait pour les mélanges égrugés, trouble l'exactitude du dosage par l'inégalité du déchet en poussier, et n'offre ainsi qu'un résultat vicieux pour l'uniformité de la composition. Le mélange dans un tambour épargne un temps considérable, ne fait pas autant redouter de malheur provenant du poussier et économise un assez grand déchet.

On doit surtout veiller à la parfaite siccité des substances, dont on ne devra point alors craindre l'agglomération dans l'emploi d'un tambour à péri-

phérie en cuir. Avec les compositions contenant de la colophane, on mélangera, comme de coutume, d'abord les autres substances au moyen de gobilles, puis on ajoutera la résine réduite en poussier et tamisée; on mélangera le tout dans un tambour à parois en cuir, contre lesquelles un maillet frappera constamment, comme au grainoir de Champy, pour éviter l'agglomération. On n'opèrera point le mélange au moyen de gobilles, mais par des tringles transversales fixées dans les deux fonds, en évitant une rotation rapide.

Si l'on veut ajouter à une composition du chlorate potassique, on pulvérise cette substance isolément ou avec du salpêtre; son mélange au charbon et au soufre devrait se faire naturellement sans gobilles dans un tambour, encore faudrait-il la plus scrupuleuse précaution; il est donc préférable, comme l'on n'agit ordinairement que sur de petites quantités, de se servir de l'égrugeoir et d'humecter la composition d'un peu d'esprit de vin. Aucune explosion n'est à craindre aussi long-temps qu'elle conserve la consistance d'une pâte.

Nous parlerons des compositions au moyen du fulminate mercureux quand nous traiterons des amorces fulminantes.

Cotty seul présente des données sur le tems nécessaire, dans certaines circonstances, pour amener, au moyen du tambour, une composition à l'état de mélange le plus intime. Il rapporte que, lorsque les matières constituantes de la poudre sont mélangées

dans des tonneaux, la densité spécifique de la composition diminue d'abord pour croître ensuite :

Après	1 heure	de rotation	1 litre de composition	pèse	394 gramm.
»	2	»	»	»	368 »
»	3	»	»	»	355 »
»	4	»	»	»	342 »
»	5	»	»	»	340 »
»	6	»	»	»	337 »
»	7	»	»	»	338 »
»	8	»	»	»	344 »
»	9	»	»	»	352 »
»	10	»	»	»	357 »
»	11	»	»	»	356 »
»	12	»	»	»	357 »

Il paraîtrait que sous ces circonstances la 6me heure est le tems convenable pour les compositions d'artifices, car lorsque la densité augmente (7me heure) il est très-probable que l'action brisante croît à un plus haut degré; effet inutile et que l'artificier doit rejeter pour la conservation de ses cartouches.

Mais il faut dans tous les cas que les compositions soient mélangées plus intimement qu'on ne l'a fait jusqu'ici, si l'on veut en obtenir l'effet le plus uniforme et le plus grand possible.

Un même dosage des matières premières donne après 1/2, 1, 2 et 3 heures de rotation 4 compositions différentes, dont l'effet varie comme celui de 4 dosages différens mélangés pendant le même temps. Une composition que l'on trouve mélangée suffisamment, lorsque étant étendue elle présente une couleur uniforme à l'œil nu, est certainement encore loin de

la mixtion la plus intime, et pourra donner des résultats très-différens, en offrant des qualités pareilles en apparence. Les anciens regardaient une composition comme assez mêlée, quand elle formait corps entre les doigts, encore ne mélangeait-on aussi intimement que les compositions pour artifices de translation, les autres l'étaient beaucoup moins. Cette mesure est inexacte, surtout quand on n'est pas parfaitement sûr que les matières sont bien sèches. L'éprouvette un peu modifiée serait peut-être recommandable pour l'épreuve de certaines compositions, mais aussi longtems que l'on n'a pas adopté une pareille mesure, on doit se contenter de prescrire exactement pour tous les laboratoires, l'espèce de tambour, la durée du mélange, le poids de la composition, le poids et les dimensions des gobilles ainsi que la rapidité de rotation; les remarques énumérées sur la pulvérisation suffiront dans ce cas. On peut admettre comme règle pour le mélange, de ne pas faire les révolutions trop rapides, surtout si les substances ont des poids spécifiques différens; la rapidité de la rotation favorise la pulvérisation par la force des chocs, sa lenteur hâte le mélange.

Il est difficile de croire qu'on puisse réunir avec avantage la pulvérisation et le mélange des matières. Le soufre uni à d'autres substances se pulvérise très-difficilement, et le charbon fait courir le danger d'une explosion. En France on pulvérise à la fois le soufre et le charbon, après que celui-ci a été réduit grossièrement.

Il est nécessaire d'avoir, dans les grands laboratoires, plusieurs tambours de différentes dimensions, afin de pouvoir opérer non-seulement les mélanges de 80 à 100 livres, mais encore ceux de moindre poids, pour n'être pas forcé d'en faire de plus grandes quantités que n'en exige le travail courant.

Le travail le plus dangereux pour les artificiers était jusqu'ici la préparation des compositions, où la poudre à canon devait être mêlée à de la poix fondue ou à de la colophane. Un grand nombre d'artilleurs ont été les victimes de cette manipulation, d'autant plus dangereuse, que l'on a pris soin partout de donner des moyens sûrs pour mesurer la chaleur avec exactitude par des instrumens, ainsi que des appareils pour le feu, faits de manière à garantir le manipulateur contre l'explosion de la masse, dans le cas même où il n'agirait pas avec toute la précaution nécessaire. Ce travail ne s'exécutant ni journellement ni même souvent, l'artificier ne peut acquérir ce vrai tact technique qui doit, dans les fabriques et les métiers, remplacer fréquemment et souvent avec bonheur, les moyens scientifiques.

Toutes ces compositions fondues ne donnent, comme on l'a développé, que des résultats moyens pour leur force incendiaire, et ont de plus de grands défauts sous le rapport mécanique; ne pouvant être ni mélangées, ni comprimées convenablement, elles produisent des effets très-inégaux, occupent beaucoup d'espace, forment, par le refroidissement, des

bulles, et occasionent des détonnations qui brisent les compositons et en détruisent l'action. La fusion rendant la poix plus dure et plus cassante, par la volatilisation de l'huile éthérée, toutes ces compositions deviennent fragiles et éclatent facilement, lorsqu'elles sont lancées par le canon ou qu'elles tombent d'une hauteur un peu considérable. — Leur préparation cause une grande perte de matières premières, parce que devant être transvasées d'une chaudière dans l'autre, et ne pouvant être versées, mais seulement puisées, il en reste beaucoup aux parois de la chaudière ; ou peut en évaluer le déchet à 0,30 pour les balles incendiaires et à 0,40 pour les balles à éclairer.

Aussi long-tems que l'on devra conserver les compositions fondues, à cause de la forme des carcasses adoptées pour les balles incendiaires et à éclairer, nous conseillons d'essayer au moins d'autres méthodes de fusion pour éviter le danger.

Si nous examinons de plus près le procédé suivi pour la préparation de ces compositions, et si nous recherchons les causes des explosions, nous trouvons que le danger provient rarement de l'inflammation des substances fusibles (la poix et la colophane), qui en forment la base, car la flamme s'élève tranquillement sans aucun péril pour les manipulateurs ; mais que les explosions réelles n'ont lieu que lors de l'addition de la poudre ou du salpêtre aux masses fondues, parce que si l'inflammation a lieu, le dégagement de gaz s'opérant aussi dans l'intérieur du mélange, pro-

jette celui-ci tout en feu. Cette décomposition du salpêtre ou de la poudre exige au moins 250° à 300°, tandis que toutes les substances susdites fondent à la chaleur de l'eau bouillante[1], et ne deviennent guère plus liquides par une élévation de température ; il est donc parfaitement inutile et même nuisible dans certains cas d'éléver la température au-dessus de 112°. L'observation de ce point garantira contre toute explosion ; mais la méthode ordinaire ne donne aucun moyen de mésurer la chaleur, et l'essai de répandre de la poudre sur la poix pour voir si elle ne s'enflamme pas, ne donne absolument aucune certitude, parce que les parois métalliques de la chaudière, absorbant et dégageant si facilement le calorique, sont les vraies parties dangereuses qui causent la plupart des explosions ; car il est prouvé que si du fer et de la poix ont la même température, le fer enflammera de la poudre, tandis que la poix ne le ferait qu'étant beaucoup plus chauffée. La plupart des malheurs n'ont donc pas lieu au moment de la première immersion de la poudre, mais seulement quand, en la remuant, celle-ci ou le salpêtre touchent les parois de la chaudière [2]. Il ne

[1] La poix fond à + 100°,
Le soufre . . à + 110°,
La colophane à + 135°, et, mélangée à la poix elle fond aussi . . . . à + 110°.

La composition pour balles à feu, de poix verte et de 10 centièmes de suif, fond au-dessous de la chaleur de l'eau bouillante.

[2] Pour éviter le bouillonnement de la poix par l'humidité qui se dégage de la poudre, quelques artilleurs la font sécher avec précaution dans la chaudière, chauffée avant qu'on y introduise

s'agit donc que de trouver un procédé où il soit impossible aux parois de s'échauffer au-dessus de 112°, ce qui ferait disparaître tout danger.

En Angleterre on a tenté ce moyen. Dans une chaudière scellée dans un mur, on fait bouillir de l'huile dans laquelle on place la chaudière contenant la composition incendiaire.—C'est ajouter un second danger au premier par l'inflammation des vapeurs d'huile; en outre ce liquide ne garantit point la chaudière intérieure contre une trop forte chaleur, puisque les huiles n'ont pas un point débullition constant, mais absorbent, tout en se décomposant, du nouveau calorique; leur décomposition même, qui est le seul signe admoniteur, est proche ou même au-dessus de la température nécessaire à l'inflammation de la poudre. L'huile est coûteuse et devient visqueuse et rance après avoir été chauffée plusieurs fois.

Les solutions saturées de sels, dont le point débullition est assez élévé pour fondre la poix, etc., et encore de beaucoup inférieur à celui de l'inflammation de la poudre, conviennent parfaitement pour obtenir le résultat précité. Elles ne peuvent en effet être chauffées au-dessus de leur point débullition, quelle que soit la chaleur du fourneau, car tout liquide qui s'évapore dans un vase ouvert sans se décomposer, ne peut admettre de température supérieure à son ébullition, qui est différente pour chacun et va jusque

la poix, d'où on la retire, et on la renferme hermétiquement jusqu'à ce que la poix soit fondue.

vers 212° pour certaines solutions salines saturées. Tous les corps qu'on y plonge ne peuvent également être chauffés que jusqu'à ce point.

Comme la fusion d'une grande quantité de poix dans une solution saline demanderait beaucoup de tems, nous proposerons le procédé suivant : on fondra la poix avec le suif pour les compositions incendiaires et le soufre pour celles à éclairer, dans une chaudière séparée, on en chauffera une seconde destinée au mélange, jusqu'au-dessus de 125°, on la placera dans la dissolution bouillante du sel, et après quelques minutes on ajoutera la poix fondue et l'on continuera la préparation comme de coutume. Si la chaudière était trop chaude, le sifflement qu'elle ferait entendre quand on la plongera dans la dissolution en avertirait, et sa température s'abaissera bientôt à celle de la dissolution.

La disposition du fourneau est très-simple : au-dessous de la chaudière renfermant la composition incendiaire doit se trouver une haute colonne de liquide, ce qui en augmente beaucoup la température, le foyer doit être tout-à-fait séparé et le gril doit se trouver hors du local. Le feu chauffe la chaudière extérieure par réverbération, et peut être réglé par de petites portes. La petite chaudière a un large bord percé de mortaises à travers lesquelles passent les chevilles de l'autre, sur laquelle elle repose, et peut être ainsi fixée solidement, elle peut s'enlever et se placer dans la grande chaudière au moyen d'une chèvre adaptée au-dessus du fourneau, qui est assez au-

dessous de terre pour qu'on puisse y travailler facilement.

La dissolution saline, pour laquelle nous proposons celle de potasse, doit être concentrée et filtrée, parce que si elle contenait en suspension des corps non dissous, elle boullirait plus tôt. On peut recueillir la vapeur et la ramener dans la chaudière à l'état d'eau bouillante. La dissolution ne change pas et peut donc toujours servir de nouveau.

Si, dans les laboratoires ambulans de campagne, on ne pouvait pas suivre ces dispositions pour l'établissement d'un fourneau, il faudrait préparer ces compositions comme de coutume dans des marmites, mais il serait très-convenable alors de choisir, comme l'artillerie saxonne, celles en fer au lieu de celles en cuivre, comme moins bonnes conductrices du calorique, et de fixer dans celles-ci une autre en terre fabriquée à cet effet; on éviterait ainsi également tout danger. Le vase en terre restant d'ailleurs pendant tout le transport dans la marmite en fer, on ne devrait point craindre qu'il fût brisé.

La pyrotechnie française adopte, dans ses laboratoires tant permanens qu'ambulans, deux sortes de fourneaux pour chaudières. Dans la première, la flamme entoure le fond et les parois de la chaudière, et dans la seconde le fond seul; cette dernière espèce est toujours employée dans les compositions où entre la poudre.

On doit en général préférer les chaudières métalliques à parois épaisses, à celles qui sont minces;

elles ont cependant, comme celles en fer, l'inconvénient de ne pas se refroidir aussi vite que les minces et celles en cuivre, une fois qu'elles sont trop chauffées.

II. *Préparation mécanique des nouvelles compositions.*

Si de plus grands essais prouvaient la justesse des idées émises sur la composition des artifices, leur préparation exigerait des modifications.

L'opération de la pulvérisation disparaîtrait. On préparerait le soufre-salpêtré dans des tonnes ou même dans des moulins comme la poudre à canon. Les substances incombustibles telles que le plâtre calciné, la craie, etc., sont déjà à l'état pulvérulent.

Tout le travail pour la plupart des compositions consisterait à peser la poudre et la substance incombustible ou le soufre-salpêtré, à les réduire et à les mélanger à la fois dans un tambour.

Il serait surtout important pour les laboratoires ambulans de s'éviter des attirails de toute espèce, et de pouvoir se procurer toujours facilement le matériel nécessaire.

C. COMPRESSION DES COMPOSITIONS.

Les compositions se compriment jusqu'ici par le bourrage, le battage, et dans quelques cas rares, par des coups de mouton. Celles qui doivent recevoir plus tard une grande densité, pourraient l'obtenir

avec avantage, après le mélange, par des pressions répétées, soit par l'action de pilons, soit entre de lourds cylindres; nous avons déjà dit plus haut qu'il était fort difficile de donner à une composition légère par une seule pression, quoique très-grande, la même densité que celle qu'elle obtiendrait par une compression répétée; elle devient cependant si compacte par une rotation continue dans un tambour, qu'elle forme un grumeau avec les gobilles; l'air ne s'en dégage pas entièrement par une seule pression et oppose sa résistance. Les compositions préparées par de longues pressions, deviennent beaucoup plus compactes, donnent par suite moins de poussier, et ne doivent pas être mouillées lors de la compression; ce sont les seules qui peuvent se conserver long-tems inaltérées, et être transportées sans perte toutes confectionnées en campagne, surtout si elles sont grenées.

L'augmentation de frais est insignifiante, si l'on peut dès le commencement organiser le laboratoire en conséquence.

Le bourrage et le battage à la main, quoiqu'étant les moyens les plus simples, sont les plus incertains pour la compression, ils exigent le plus de tems et donnent les résultats les plus inégaux. Ils devraient être rejetés quand il s'agit d'un peu de précision, puisqu'il est si facile de leur substituer, dans chaque laboratoire, et de placer dans chaque équipage de campagne un appareil où des marteaux soulevés par des cames remplacent avantageusement la force de plusieurs mains, en supposant que l'on ne veuille pas

adopter la machine anglaise à charger les fusées, dont cinquante reçoivent à la fois leur dose de composition par un appareil à charger, que nous décrirons en parlant des amorces fulminantes et des fusées de signaux, et où une presse hydraulique abaisse à la fois les cinquante baguettes par un seul tour de main.

Si l'on fait agir la même pression sur chaque dose de composition, les couches supérieures seront moins denses que les inférieures quel que soit le procédé de compression. On devra donc, comme le proposaient déjà les anciens artificiers, ajouter toujours à la couche supérieure une autre couche d'argile, que l'on coupera après la compression, ou augmenter celle-ci à mesure qu'on ajoute une nouvelle couche de composition.

On verse dans quelques laboratoires la composition d'approvisionnement dans une mai suspendue librement au plafond pour empêcher que, par l'ébranlement du battage, elle ne se sépare suivant sa pesanteur spécifique.

On devrait toujours tâcher d'obtenir la plus forte densité possible dans le chargement des compositions: elle seule pourra faire disparaître, autant qu'il est possible, les différences dans la durée de la combustion, ainsi que l'influence de l'humidité et du transport; car même une composition de la dureté de la pierre n'est pas absolument exempte de l'action de l'humidité.

Il serait de la plus haute importance, pour l'uniformité de l'effet des compositions, que l'on prescri-

vît, comme pour la poudre, une pesanteur spécifique déterminée, qui s'obtiendrait très-uniformément si on remplaçait le travail manuel par celui d'une machine pour la compression des mélanges où il s'agit d'une très-grande précision. Alors seulement on pourrait établir une comparaison entre diverses compositions.

CHAPITRE II.

Incendier et éclairer.

—

I. PROJECTILES INCENDIAIRES.

Les projectiles incendiaires sont plus anciens que les bouches à feu; ils servaient déjà comme flèches ardentes dans les anciennes machines balistiques. On changea leur forme de flèche en celle de sphères, et l'on pétrit la poix et la résine, dont on enduisait le chanvre qui les entourait, pour en faire des balles que l'on renferma dans des sacs en coutil, en les entourant ensuite de cordes, et on y ajouta les nouvelles compositions incendiaires; telles étaient les premières balles à feu; telles sont encore à peu près les nôtres.

Déjà en 690 on employa des balles à feu devant La Mecque; on en lança en 1290 à Damiette contre saint Louis; en 1319 les Vénitiens incendièrent des ponts par leur moyen; en 1356 on en jeta contre Romorentin; en 1390 on se servit des artifices contre Padoue. Cependant les Turcs se servirent encore en 1529 de flèches ardentes contre Vienne.

Colonna parle de balles à feu qui ressemblent à

celles de Fane, décrites plus bas. En 1585, on lança beaucoup de pots à feu contre Nimègue; en 1596, on en tira quelques-uns en Hollande hors de bouches à feu en bois; en 1634, beaucoup manquèrent devant Regensburg. Toutes ces balles à feu étaient simplement chargées dans des sacs en coutil; ce n'est qu'en 1672 que Bernard de Galen découvrit les carcasses, et en 1673 Geisler en brûla devant le roi une qui contenait 165 livres de poudre. On adopta généralement ces carcasses, croyant donner plus de consistance à la composition, mais déjà en 1697 les Français avaient trouvé qu'elles déviaient trop et qu'elles se brisaient en tombant sur des toits; ils les rebutèrent donc et reprirent, comme la plupart des autres nations, l'ancienne méthode. Les balles à feu étaient à ce point quand les Anglais découvrirent en 1760 les bombes incendiaires, qui donnèrent de très-bons résultats dans une épreuve faite à Woolwich en 1762, mais qui ne furent employées qu'en 1783. Le bris de la composition était ici impossible; la flamme était devenue plus constante par le rétrécissement de l'œil; la probabilité de toucher était aussi grande que pour les autres projectiles creux; ces avantages parurent importans, quoiqu'on rencontrât aussi de grandes difficultés, parce qu'on ne pouvait employer qu'avec peine les compositions chaudes regardées comme meilleures que les froides; le tassement était difficile; quelque composition usitée que l'on choisît, les lumières étaient bientôt bouchées par beaucoup de charbon provenant des matières

végétales et que la flamme ne pouvait chasser; la charge s'enflammait souvent trop tôt et brisait la composition avant qu'elle ne fût bien enflammée. On balança donc depuis lors dans les artilleries entre les trois méthodes citées, et on regarda en général ces projectiles incendiaires comme la partie particulièrement faible de la pyrotechnie.

Les Français firent de nouveau en 1798 des épreuves avec les carcasses qu'ils avaient déjà rejetées cent années auparavant; Bietry les proposa à Auxonne et on les essaya devant Meudon. Elles contenaient une composition très-dense dont on ne connaît point la formation. Elles étaient beaucoup supérieures aux anciennes sous le rapport de leur effet incendiaire, mais elles parurent se gâter par une longue conservation. Elles avaient un plateau en bois et donnaient comme toutes les balles à feu avec carcasse en fer peu de probabilité de toucher, puisque sur 33 coups à 200 toises, il n'y en eut que 10 qui touchèrent le but.

Nous devons aussi mentionner un essai unique de tirer des balles à feu avec de petits fusils. En Suède, on lança de cette manière des balles ovales, puis des flèches ardentes et on dit en avoir obtenu de bons résultats. Elles portaient plus loin et incendiaient avec plus de certitude que des fusées.

Nous avons déjà dit dans la partie chimique de la préparation des compositions, que celles actuellement en usage étaient inférieures pour leur force incendiaire à d'autres confectionnées d'après le nouveau système, et nous avons prouvé dans leur confec-

tion mécanique, qu'elles pouvaient être préparées avec beaucoup moins de danger. Il nous reste donc ici à parler de la fabrication des projectiles.

Les sacs pour les anciennes balles à feu encore adoptées par la plupart des artilleries sont faits en coutil. Ils ont la forme ovale et se composent de trois parties cousues ensemble, chacune d'elles étant formée de trois morceaux de coutil collés l'un sur l'autre. On introduit dans l'ouverture un anneau en fer qui a trois mortaises au moyen desquelles on suspend le sac à un trépied. Cet anneau en maintenant l'ouverture au large facilite le chargement. La composition chaude y est tassée à la main; on y ajoute dans quelques artilleries des couches de grenades comme mitraille, en ayant soin d'en diriger la fusée vers l'axe de la balle. Si au lieu de grenades on veut y disposer des canons courts de pistolets chargés, on remplit d'abord le sac de composition, puis on le place dans une calotte en fer destinée à prévenir le bris de la balle quand elle touche le but. Elle est mastiquée au sac qui est ensuite recouvert d'un réseau que l'on commence à l'anneau et que l'on continue jusqu'en bas. Les artificiers mettaient leur talent à bien tresser ce réseaux, et gare à celui qui se trompait dans ses nœuds. Les artilleries qui se servent de canons de pistolet pour repousser ceux qui tenteraient d'éteindre les balles, forent entre les mailles du réseau des trous dans le sac et la composition, et y introduisent des canons de pistolet de quelques pouces de longueur, chargés à balles et percés d'une lumière à tra-

vers la vis de culasse. On leur donne ordinairement un rebord à la bouche pour les mieux lier à la balle, qui ainsi préparée est plongée dans de la poix fondue.

On rejete dans plusieurs artilleries les grenades que d'autres ajoutent, parce que l'on a trouvé que l'inflammation déjà produite s'éteint par des détonnations. Ceci paraît être aussi le cas lorsque des soufflures dans la composition, ou un mélange inexact, produisent des détonnations pendant la combustion, quoique d'un autre côté elles projettent des parties de composition qui mettent le feu à des endroits plus éloignés.

Les carcasses de Galen se composent d'une calotte et de deux montans croisés formant un ellipsoide. Quelques artificiers les trempent dans de la poix avant de les charger, d'autres ne le font pas. On y tasse une composition chaude en la recouvrant d'un sac en coutil et on trempe la balle dans de la poix fondue.

Les deux sortes de balles à feu décrites plus haut se brisent facilement déjà au sortir de la bouche à feu, surtout si l'on est forcé d'employer de fortes charges pour tirer à des distances un peu éloignées. Les Anglais se trouvèrent dans ce cas devant Quebeck; ils essayèrent de parer à ce défaut en remplissant avec des gazons, l'espace vide que laissait la charge dans la chambre, ce qui épargna effectivement les balles.

Il serait possible de remplacer avec avantage les projectiles incendiaires, où la flamme ne jaillit pas par des ouvertures étroites, par un mélange de sciure

de bois et de goudron tassé dans un sac. La diminution de la chaleur de la flamme serait compensée par sa grande durée et par la fluidité du mélange, qui, ayant brûlé le sac, se répandrait sur une plus grande surface qu'elle enflammerait. On ne devrait point craindre qu'elle ne se brisât ni qu'il y eût du danger à la préparer.

Les bombes incendiaires ont ordinairement, à cause de leur culot, un compartiment intérieur percé d'un œil qui sert à y introduire la charge pour la faire éclater, et qui est fermé par une fusée. On prend une composition froide à cause de la lenteur du travail, et on l'y tasse aussi bien que possible avec des baguettes par les 3 ou 5 lumières; mais comme on doit les enduire fortement d'huile, on augmente la quantité prescrite de celle que doit contenir le mélange, qui devient encore plus lent qu'il ne l'était avant d'être chargé. Une composition pulvérulente serait donc très-probablement plus avantageuse.

Une considération majeure à observer pour les bombes incendiaires, c'est que la composition et le diamètre des lumières soient dans un rapport tel que le résidu de la première ne puisse boucher les secondes. Ainsi plus on y ajoute de substances, qui laissent un résidu spongieux (la résine, la poix, la colophane), plus les lumières doivent être grandes et réciproquement plus on emploie de poudre pure, plus on peut les diminuer. La quantité de gaz dégagée pose aussi des limites; car si on rétrécit trop les lumières, l'effet est restreint dans le même rapport.

Les bombes incendiaires peuvent être lancées à de plus grandes distances que les balles à feu et les carcasses; elles ont, comme on l'a dit, plus de probabilité de toucher que celles-ci, se conservent mieux, mais font encore ressortir davantage la défectuosité de la composition, parce que les lumières s'obstruent facilement. La flamme rayonnante est plus efficace que la vacillante des deux premières espèces; cependant les lumières sont à peu près toutes dans une même direction, et si la bombe touche avec le côté opposé elle n'incendiera pas.

On communique ordinairement le feu à ces trois espèces de projectiles par une fusée, qui n'aboutit pas immédiatement à la composition mais à une charge très-combustible de poudre nommée l'amorce, parce que la première, difficile à enflammer, ne prendrait pas feu avec assez de certitude par le dernier jet rapidement éteint de la fusée.

Les grands défauts de tous ces projectiles font désirer de meilleurs moyens incendiaires.

Les points suivans paraissent surtout devoir être pris en considération :

1° Le projectile ne doit être endommagé ni au sortir de la bouche à feu ni à la chute;

2° La force incendiaire de la composition doit être portée au plus haut degré, soit en prenant le moindre temps nécessaire et en élévant la température, ou réciproquement en maintenant la température au moindre degré et en augmentant le temps;

3° Quand on ne peut disposer l'enveloppe pour

qu'elle présente à l'écume de grands trous évasés ou qu'elle ne s'ouvre pendant la fusion, on doit chercher à former les compositions de manière qu'elles donnent le moins possible d'écume, pour ne pas boucher les lumières;

4° L'action de la flamme doit être constante sur les mêmes points, elle ne doit point vaciller;

5° Le feu du projectile incendiaire doit agir dans plusieurs directions, sinon dans toutes, ce qui est presque impossible à réaliser.

Quelqu'éloignés que nous soyons encore de remplir toutes ces conditions, nous pouvons cependant donner quelques indications.

Nous pensons que les idées développées plus haut sur les compositions incendiaires, conduiront à des mélanges qui répondront aux principes posés avec beaucoup plus d'avantage que celles que nous avons actuellement; elles ont, nous paraît-il, une plus grande force incendiaire, laissent moins de résidu, et la vivacité du feu rejette avec plus de facilité ce dernier que les charbons collans des résines, etc. Se laissant mieux comprimer, elles sont plus denses dans le même espace. On peut, en les ralentissant suffisamment, les rendre pulvérulentes, les introduire sans compression dans les projectiles et en les secouant simplement les tasser assez fortement.

Les fusées incendiaires, quoique peu connues, semblent devoir satisfaire aux autres conditions; la composition n'est point brisée par la charge, et l'on est libre d'employer des corps qui peuvent être per-

cés par des lumières à peu près dans toutes les directions.

Nous avons déjà indiqué plus haut la méthode d'augmenter le pouvoir incendiaire des obus par une plus forte charge de composition. Si l'on veut se servir à ce sujet des mélanges proposés, surtout de celui de poudre et de soufre-salpêtré qui convient particulièrement, on en formera des morceaux par le moyen suivant : on prend un billot dans le genre de celui pour les fusées, d'un calibre égal au diamètre de l'œil de l'obus ; on y introduit une couche de composition et on l'y comprime fortement. Quand elle a atteint la hauteur d'un calibre, on y pose une rondelle de papier, on y ajoute de la composition et on continue ainsi jusqu'à ce que le billot soit plein ; en l'ouvrant, la colonne de composition se partagera en cylindres solides de la hauteur d'un calibre, qui seront introduits comme charge incendiaire dans l'obus.

Nous devons encore mentionner ici une méthode proposée, dans les derniers temps, par l'anglais Fane.

Il tire ses boulets incendiaires avec le canon, et les forme en enduisant de petites balles en fer jusqu'à ce qu'elles aient atteint le calibre exigé, avec des couches d'une composition incendiaire fondue. On dit en Angleterre avoir obtenu de très-bons résultats de ces boulets. Nous avouons cependant que, d'après leur description, nous les croyons tout au plus bons à être employés à de courtes distances contre des saucissons, des gabions, etc.; contre des murs, la composition se briserait par éclats, et à de grandes

distances, le boulet serait brûlé jusqu'à la balle avant sa chute.

—

II. BOULETS ROUGES.

On tira des boulets rouges avant de connaître les bouches à feu; les anciens les employaient beaucoup. On les lança encore au moyen de frondes contre Algésiras en 1342; en 1472 on les tira, pour autant que nous le sachions, hors de bouches à feu contre Sagan. Les Polonais canonnèrent avec eux Dantzick en 1577. On fit sauter par eux un magasin à poudre en 1597; au siége de Rheimberg, en 1602, on en lança contre Ostende. Les Suédois les employèrent en 1628 contre des vaisseaux devant Weichselmunde. En 1635 Brême en fut canonnée et en 1675 les Brandebourgeois firent beaucoup de mal à Stralsund. En 1688, on s'en servit de nouveau contre la France. On les jeta contre Neisse en 1741 comme punition, parce que la garnison avait tiré sur un parlementaire. On les employa beaucoup contre Gibraltar en 1783, ou Schwependik construisit le premier four. En 1806, on les tira contre Breslau.

On fit, avant de les employer contre des batteries flottantes, des épreuves à Gibraltar, à Cherbourg en 1785 et à Nice en 1792. On obtint les résultats suivant à Gibraltar. Un boulet de 24, rouge cerise, mit de suite en feu deux poutrelles sèches. Un boulet de 32 qui était resté 4 minutes à l'air et qui avait été

plongé 3 fois (7 fois d'après des essais autrichiens) dans de l'eau froide, incendia encore du bois vert de chêne. Le four à la Schwependik rougissait en deux heures 200 boulets sur un gril.

Les Français devenus attentifs par le dommage qu'ils avaient essuyé, voulurent employer à l'avenir les boulets rouges pour la défense des côtes, ils firent donc de grandes épreuves à Cherbourg en 1785, et il en résulta :

1° Que le boulet ne se dilate pas assez pour ne pas entrer dans la pièce de son calibre;

2° Que le boulet rouge et le boulet froid s'enfoncent dans le bois à profondeurs égales;

3° Que l'on peut pointer sans risque une pièce chargée à boulet rouge, en employant un bouchon de terre glaise humide; un bouchon sec de foin empêche aussi l'inflammation;

4° Que les grils employés jusqu'alors étaient dangereux et peu économiques, que les boulets y chauffaient lentement et imparfaitement, qu'il fallait en conséquence se servir de fours à réverbère.

Le boulet rouge enflamme avec plus de certitude que tous les autres projectiles incendiaires, car on ne voit pas à la pénétration du boulet qu'il est rouge, et on ne cherche pas à en empêcher l'effet; tandis que la balle à feu trahit de suite sa destination et attire sur elle toute l'attention. En outre l'inflammation est toujours beaucoup plus sûre, par un corps ardent, surtout quand il est bon conducteur et qu'il est bien logé quelque temps dans des substances

combustibles, que par l'attouchement de ces mêmes corps par une flamme vacillant beaucoup, où les points en contact avec elle ont par la mobilité des gaz, le temps de se refroidir jusqu'à ce qu'ils soient touchés de nouveau. Un boulet rouge étant toujours d'un moindre calibre qu'un projectile incendiaire, pénètre plus profondément, et se loge mieux dans le bois (surtout à faible charge); il ne rebondit pas comme le font quelquefois les autres, ne peut être brisé par la charge, peut s'employer à de grandes distances, donne un coup moins incertain que les seconds et ne dépend pas comme eux du râté d'une fusée.

On doit donc recommander beaucoup l'emploi des boulets rouges comme projectiles incendiaires, surtout dans les siéges, où l'on ne voit pas pourquoi on ne les emploierait pas toujours au lieu des froids, si l'on pouvait rendre le procédé aussi sûr, facile et peu nuisible à la bouche à feu, que le tir ordinaire. Chaque boulet qui fait maintenant peu de dommage, quand il tombe dans une joue d'embrasure, ou quand il enfonce le toit d'une maison de la forteresse assiégée, deviendrait très-dangereux et produirait encore après des heures entières un excellent effet, tandis que maintenant un pareil coup est entièrement perdu.

Si nous examinons toute l'opération dans sa généralité, nous trouvons que les principales difficultés qui s'opposent maintenant au tir à boulets rouges sont les suivantes :

1° Rougir les boulets;

2° Les dégradations des bouches à feu ;

3° Le danger des servans par l'inflammation spontanée de la charge.

Le mode employé jusqu'ici, de rougir les boulets sur un gril enfoncé en terre, paraît avoir les défauts suivans :

1° Les boulets d'un fort calibre sont lents à rougir et prennent une température très-inégale selon leur position sur le gril ;

2° Il est très-difficile d'entretenir le feu par un temps pluvieux et surtout tempêtueux ;

3° Le feu vacillant peut facilement offrir du danger pour les munitions qui en sont proches ;

4° L'ennemi voyant de loin un feu vacillant, devine qu'on va le canonner à boulets rouges et obtient ainsi un bon but de nuit ;

5° Il est impossible d'empêcher avec cette méthode, l'introduction de sable dans la bouche à feu ;

6° Il se forme à la surface du boulet une croûte d'oxide de fer et de terre silicéuse, qui endommage la bouche à feu.

Dans quelques forteresses et ports de mer on a établi, lors de la construction des ouvrages, des fours particuliers, qui évitent ces défauts et dont la disposition était très-variable.

On construisit en 1794 entre les bouches du Rhône et de la Savonne des fours de côtes d'après les plans du général Meusnier ; nous en vîmes aussi à Marseille et à Strasbourg. Les fours sont composés d'un fourneau de 14 sur 24 pouces en carré, avec un gril

pour recevoir le combustible au-dessus d'un cendrier et d'une chaufferie où l'on met les boulets; elle lui est adjacente et perpendiculaire, de 30 pouces de large, de 16 pieds 2 pouces de longueur; le sol, divisé en quatre sillons (autrefois en briques, aujourd'hui en barreaux de fer) est incliné vers le fourneau, et est de niveau avec lui dans la partie la plus basse. On chauffe le four avec du bois en copeaux; mis en train par une heure de feu, il demande 35 minutes pour donner au boulet de 36 la couleur rouge cerise. Il faudra dans ces deux espaces de tems réunir 15 pieds cubes de bois; chauffé au charbon, il exige 6 quintaux pour recevoir le degré de feu nécessaire et 12 livres par heure pour l'entretien. Les boulets roulent dans ce fourneau du derrière au devant, si l'on retire ceux de devant quand ils sont incandescens, et que l'on en ajoute de froids sur le pont; la flamme touche toute la rangée de boulets placés sur la grille.

Les fours de côte anglais sont pareils aux français, si ce n'est que les portes pour les charger sont dans le long côté du fourneau, et que deux sillons sont sous une même voûte, tandis qu'en France il s'en trouve quatre. Les Anglais ont aussi de plus petits fours à deux rangées; ils ont de plus hautes cheminées et la pente est moindre.

Les Anglais se servent d'un fourneau particulier nommé *kiln* pour conserver incandescens les boulets sortant du fourneau et qui ne seraient pas tirés de suite; ce sont des grils scellés dans des murs avec cheminées qu'on chauffe en même tems que les fours.

L'on a aussi déjà commencé à se servir devant les forteresses de fours destinés au même usage ; ce sont ordinairement de petits fourneaux à vent, scellés dans un mur, c'est-à-dire des grils élevés. En Angleterre, on a proposé un fourneau, composé de deux caisses en tôle qui s'emboîtent, et dont l'écartement est rempli avec du sable. Les caisses sont formées de plaques en fonte; d'un demi-pouce d'épaisseur; celle de l'intérieur de 4 pieds cubes est portée sur des pieds de 1 $^1/_2$ pied de haut; leur écartement est partout de 8 pouces. Le tirage se fait pas un gril et par une cheminée que l'on peut élever à volonté, et qui est maintenue par quatre cordes tendues. Les boulets sont disposés par couches, l'une au-dessus de l'autre, portée chacune par un gril. Quand le feu est bien en train, la caisse intérieure est fermée par un couvercle double plein de sable. On place le fourneau dans une fosse creusée, en terre pour l'abriter contre le vent, etc.; l'effet en est si avantageux, dit-on, que les boulets du plus fort calibre ne mettent qu'un quart d'heure à rougir. Ce fourneau a sur le gril ordinaire l'avantage de permettre l'emploi du charbon, tandis qu'on ne peut se servir avec l'autre que de bois qui brûle avec une haute flamme; ce qui paraît très-important, si l'on réfléchit combien la flamme est surtout vue de loin la nuit, et combien elle peut être dangereuse pour le transport des munitions.

Nous croyons qu'un fourneau disposé comme suit, tenant le milieu entre celui de Coupelle et celui de Suède employé à fondre l'acier, serait encore plus

avantageux pour une grande batterie. Le fourneau se compose de trois enveloppes en tôle, forme tronc-conique, passant l'une dans l'autre, et ayant 6 pieds de haut; l'extérieur a 4 pieds de diamètre en bas et 3 en haut, elles forment la chemise du fourneau. Les enveloppes sont en feuilles de tôle de la meilleure qualité, rivées ensemble; l'extérieure est faite avec la tôle épaisse que l'on emploie pour les chaudières à vapeur. Les joints sont lutés hermétiquement avec du mastic pour fer [1]. L'enveloppe extérieure et l'intermédiaire sont écartées de 2 pouces et réunies hermétiquement en haut et en bas par un anneau en tôle. L'enveloppe du milieu ne communique avec celle de l'intérieur que par 6 rangées de tuyaux en tôle; chaque rangée a 6 tuyaux dont les ouvertures correspondent au milieu de l'intervalle entre les tuyaux de la rangée inférieure et supérieure. Les tuyaux en tôle, dont les bords sont repliés intérieurement et extérieurement forment les soupiraux. Quelques boulons en fer maintiennent la position de ces deux enveloppes, dont celle de l'extérieur a une ouverture pour la tuyère du soufflet à 1 1/2 pied au-dessus du bord inférieur; la percée est comme celle du fourneau de Coupelle, elle traverse les trois enveloppes. La seconde enveloppe est à 3 pouces de celle de l'intérieur qui est rayée vers le dedans. Plus les plaques en tôle joignent hermétiquement et plus le

[1] Ce mastic est composé de 0,28 kilogr. de céruse, 0,28 de litharge d'argent, 0,16 de térébenthine de Venise, 0,35 de colle forte et 2,88 litres d'eau-de-vie.

procédé est avantageux ; mais si l'usage y faisait quelques fissures, leur importance ne serait pas majeure, puisqu'elles ne feraient que nécessiter une accélération dans le soufflet. On doit enduire plusieurs fois le fourneau avec de l'huile de lin contenant 1/4 de poix pour le préserver de la rouille; cet enduit ne s'effeuille pas par la chaleur.

Si l'on veut se servir du fourneau, on bouche à l'intérieur les ouvertures des soupiraux avec des chevilles en bois, et on couvre toute la surface interne avec une couche d'un pouce d'épaisseur de terre glaise, de crottin de cheval et de charbon; on l'égalise très-uniformément et on retire les chevilles. On creuse ensuite en terre une fosse d'un demi-pied de profondeur et du diamètre inférieur du fourneau, qu'on y place et contre lequel on dame la terre pour qu'il reste bien droit; on y introduit par la percée de la terre glaise humide que l'on dame de manière à former un sol ayant un pouce de pente du derrière au bord inférieur de la percée. On verse entre l'enveloppe intérieure et l'intermédiaire de la terre et du sable séchés, ou mieux du charbon, en cherchant à les comprimer un moyen d'une baguette. On charge le fourneau de charbons et on en met en dessous quelques-uns incandescens, on ferme la percée par une porte et on laisse la masse s'allumer pour que la couche interne de terre ne sèche pas trop vite. Pendant ce temps on introduit dans l'ouverture extérieure la tuyère d'un soufflet de forge de campagne, ou de tout autre dont la forme la plus avantageuse est

celle des soufflets prismatiques anglais. Aussitôt que le feu se montre à l'ouverture supérieure, on met le soufflet en mouvement. Le vent circule dans tout l'espace fermé haut et bas entre l'enveloppe extérieure et celle du milieu, et se rend par les tuyaux placés sur 6 rangées dans l'intérieur du fourneau. Lorsque les charbons se sont affaissés d'un demi-pied, on ajoute une couche de boulets et une de charbons, et on continue cette marche comme au fourneau de Coupelle; les boulets rouges rouleront seuls hors de la percée. On peut continuer ainsi plusieurs jours sans interruption. Le fourneau ne s'échauffera pas beaucoup à l'extérieur, puisque la chaleur devra traverser trois couches de corps peu conducteurs du calorique. Le vent entrant en grande quantité et à faible pression, la température est plus uniforme dans tout le fourneau, la marche est plus rapide et l'on ne doit pas craindre le ramollissement du fer. L'on abandonne ainsi la haute cheminée qui trahit par ses étincelles, et si l'on emploie de bons charbons, l'ennemi s'apercevra à peine que l'on rougit des boulets, avantage précieux, comme nous l'avons dit, en ce que le danger réel des boulets rouges consiste dans l'absence de toute appréhension de danger. Ce fourneau diminue beaucoup les inconvéniens signalés plus haut pour le gril. Il peut au besoin être chauffé avec du bois, même sans couche d'argile, si celle-ci ne soutenait pas un travail continu. Des épreuves peuvent seules donner des règles pour la marche plus précise du fourneau et du procédé.

Si le voisinage des bouches à feu n'offre pas d'endroit convenable pour rougir les boulets, on pourra les apporter d'assez loin sans les refroidir sensiblement, en les renfermant dans des boîtes en tôle remplies de cendres ou de poussière de charbon. On peut en campagne se servir des forges de campagne : aux épreuves de Cherbourg, on porta en 20 minutes au point de fusion un boulet de 18 placé au foyer d'une forge; un boulet de 32 devint rouge blanc en 19 minutes. Quoiqu'une forge de campagne offre des résultats moins favorables, elle peut être de très-bon service devant des forteresses, où il s'agit d'ouvrir de suite le feu, parce qu'un fourneau ou un gril exige beaucoup plus de tems pour rougir le premier boulet.

Les détériorations aux bouches à feu proviennent :

1° De la haute température, qui agit toujours au même point; elle ne nuit qu'aux pièces en bronze, parce qu'elle en trouble l'alliage; ce vice disparaît aux pièces en fonte, que l'on devrait toujours employer pour le tir à boulets rouges.

2° De la coutume existant dans presque toutes les artilleries de laisser rouler le boulet dans l'âme.

Les servans courent un plus grand danger :

1° Par la haute température qu'acquière le canon, surtout celui en bronze, où elle peut-être facilement si forte qu'elle enflamme les grains de poudre qu'un sachet en serge tamise par le refoulement, ou découvre du moins assez pour les mettre ou contact avec les parois échauffées de l'âme. Cette inflammation

n'exige que 300°, tandis qu'un boulet rouge cerise seulement en a déjà 625° et peut être porté jusqu'à 7500°.

2° Par des éclats de la croûte du boulet ou des fibres enflammées du bouchon, qui restent dans la bouche à feu et enflamment la nouvelle gargousse.

Il paraît que l'on peut corriger ces défauts de la manière suivante :

On écouvillonne après chaque coup, en mouillant beaucoup l'écouvillon dans une dissolution ordinaire de sel commun, ou d'alun et de sel ammoniaque. Les dissolutions étant meilleures conductrices du calorique que l'eau ordinaire, raffraîchissent plus rapidement le métal sur lequel elles déposent en s'évaporant une faible pellicule de sel qui le garantit de l'action immédiate du boulet et du soufre, recouvrent également les corps qui pourraient être encore enflammés, et les éteint par suite avec plus de sûreté qu'avec de l'eau seule; si la couche de sel devenait peu à peu trop épaisse, on écouvillonnerait avec de l'eau pure.

Les sachets sont faits avec un papier très-fort, bien collé, trempé dans de l'alun ; ils sont collés et non pas pliés. L'artillerie française se sert de parchemin ou d'un double sachet en laine; ce dernier n'est pas recommandable, parce qu'il laisse trop facilement dans l'âme des débris gonflés [1]. On en forme le fond d'après celui de l'âme, et on place sur la poudre avant

[1] Les pièces qui tirent à boulets rouges sont, en France, séparées des autres par des traverses en terre.

de coller la gargousse une rondelle de fort cuir ou de carton épais. La gargousse ne peut de cette manière ni tamiser ni se déchirer par la tête du refouloir. Quand on la met dans le canon, on enfonce dans la lumière une brosse humide pour éviter une inflammation provenant des étincelles détachées par le vent des boulets rouges que l'on transporte. On met sur la gargousse un bouchon de paille humide de chanvre, d'argile, de corde, etc., mais autant que possible pas de gazon, parce qu'il contient souvent des cailloux qui endommagent la bouche à feu ou peuvent être dangereux. On écouvillonne de nouveau avec la dissolution de sel. Le boulet est retiré du fourneau avec des pinces et débarrassé avec un soufflet à main, de tous les petits corps enflammés et légèrement adhérens. S'il était chauffé au rouge blanc, on le refroidit avec un chiffon trempé dans la dissolution; on le pose sur la cuillère et on le porte à la pièce. On y enfonce à un demi-pied un bouchon humide, contre lequel on fait rouler le boulet; on y place un second bouchon humide et on enfonce le tout contre le fond, en évitant ainsi le défaut d'y faire rouler le boulet. Mais il vaut mieux encore se passer du second bouchon, qui doit empêcher le boulet de rouler, en mettant le canon de niveau, puisqu'il paraît démontré que les pièces en bronze surtout souffrent beaucoup des bouchons, et qu'on doit donc les employer aussi peu que possible. Deux hommes refoulent le tout avec le refouloir à hampe recourbée. On introduit la volée dans l'embrasure, on pointe et l'on fait feu. On peut de cette

manière tirer à volonté sous toute élévation et déclinaison, tandis que l'on devait jusqu'ici donner toujours de l'élévation.

—

III. ÉCLAIRAGE.

Les opérations militaires exigent l'éclairage :

1° Pour distinguer le champ de bataille voisin, par exemple dans la défense de la brêche, pour repousser l'assaut, etc., peut-être aussi, quoique ce soit difficile, dans les surprises, où l'obscurité de la nuit et le trouble font si souvent plus de mal que l'ennemi;

2° Dans les reconnaissances nocturnes au commencement des opérations d'un siége, pour découvrir le terrain situé en avant;

3° Comme signaux pour des troupes éloignées.

Les moyens d'éclairage pour satisfaire dans le premier cas, doivent exiger peu de préparation, éclairer long-tems sans demander de soins, offrir aussi peu de danger que possible pour les autres munitions gardées avec négligence dans de pareils momens. Ils ne doivent donc pas flamber, jeter des étincelles, ni offrir un grand but à l'ennemi et surtout être vus le moins possible de ceux qui ne sont pas engagés dans le combat. Le vent et la tempête doivent peu les troubler puisque c'est surtout par du tems pareil que se font la plupart des attaques de nuit.

L'éclairage d'un terrain plus éloigné doit principa-

lement se faire de manière à en embrasser à la fois une grande surface, parce qu'il est très-difficile de coordonner en imagination plusieurs zones éclairées successivement. La lumière doit être plus claire que celle de la pleine lune, car par un tems serein et un beau clair de lune, on ne voit que difficilement même avec de bonnes lunettes à 5 et 600 pas des individus séparés. L'éclairage doit durer au moins le tems nécessaire pour pointer exactement une pièce, ainsi une minute; car le pointage est lent et difficile par une faible clarté. Il doit être assez indépendant du terrain pour qu'un petit pli ne puisse en anéantir ou même en diminuer beaucoup l'effet. Il faut aussi que l'ennemi ne puisse pas l'empêcher.

Les signaux exigent une lumière très-claire, que l'on puisse produire avec certitude et instantanément, parce qu'avec des montres bien réglées et des feux certains, on peut établir la nuit une excellente ligne télégraphique; on peut encore communiquer par des feux colorés qui ne demandent pas autant de précision dans le tems.

On se servait jusqu'ici, pour éclairer le champ de bataille voisin, de torches, de tourteaux goudronnés, etc., que l'on brûlait dans des réchauds et qui avaient tous les défauts énumérés plus haut; devant être élevés pour éclairer dans le fossé, ils présentent un bon but à l'ennemi, leur feu flamboyant offre du danger, et ils doivent être bien entretenus pour brûler pendant des heures entières. Il serait beaucoup plus avantageux, si des épreuves le confirmaient, de se

servir de la chaux phosphorescente avec un reflecteur. De pareilles boules de chaux éclairèrent plusieurs armées sur le phare d'Arcole. Un officier anglais, Drumond, avait disposé pour des signaux géodésiques, un semblable appareil, dont l'on voyait la lumière à 17 milles allemandes, et qui avait la force lumineuse de 35 lampes d'Argan [1]. Son procédé, quoiqu'assez simple déjà, serait encore trop compliqué pour des opérations militaires : il fit passer du gaz oxigène à travers des vapeurs alcoholiques et dirigea le tube qui les contenait sur la boule de chaux placée au foyer d'un miroir concave. Il prit plus tard pour épargner l'alcohol une espèce de chalumeau à air détonnant, où l'hydrogène brûlait dans un courant d'oxigène. Mais cet appareil est aussi encore trop compliqué pour le but auquel nous le destinons; il est bien possible que de petites boules de chaux soient assez échauffées par la combustion de l'hydrogène dans l'air. L'hydrogène peut être produit très-facilement, car on trouve partout du fer, de l'eau et de l'acide sufurique; toute bouteille bien fermée avec un bouchon par où passe un tube recourbé

[1] Le déflagrateur de Hare (un appareil électrique où brûlaient des aiguilles de charbon), donnait une lumière de 1600 lampes d'Argan, dans l'espace d'une seule. On concevra combien il est difficile de produire quelque chose qui approche la lumière de soleil, sachant que chacune de ses parties aussi grande qu'une flamme de bougie, donne 12000 fois autant de lumière qu'elle. Le feu indien est visible à 20,000 toises. Une boite de 10 pouces de diamètre et de 4 pouces de hauteur, se voit à l'œil nu et même par un tems pluvieux à la distance de 10 milles.

de verre ou de métal suffit pour l'appareil ; on n'a pas besoin d'alcohol, parce que l'on enflamme l'hydrogène aussitôt qu'il s'est dégagé pendant trois minutes, tems nécessaire pour que la bouteille ne contienne plus d'air si elle était remplie à moitié, elle doit en outre être enveloppée par un linge. Si le dégagement de gaz est très-rapide, ce que l'on peut faire en prenant du fer très-mince comme la limaille, la flamme conservera sa direction et son intensité malgré la tempête et la pluie. Le miroir concave peut être formé de morceaux de miroir ou même de laiton en feuille ; il pourrait même pour cette opération être fondu en verre avec assez de précision, et recouvert d'un amalgame. Pour se servir de cet appareil, on le place dans une embrasure ou sur le parapet, on en ouvre le robinet, on y met le feu et l'on peut le laisser sans y bouger, si ce n'est peut-être pour remuer le liquide. Ce moyen n'offre aucun danger, la lumière n'est visible que du côté où elle est nécessaire, sans être remarquée du dehors, elle peut-être abandonnée à elle-même, elle est produite plus rapidement que les autres et coûte moins. Il paraît donc convenable de faire des épreuves pour voir ce qu'un semblable appareil peut offrir d'avantageux.

Si l'on place des réchauds sur le front d'attaque d'une forteresse pour repousser un assaut, il est beaucoup plus favorable d'alimenter la lumière par un mélange de 75 parties de salpêtre, 24 de soufre et 1 de charbon que par de la poix. Cette lumière est si vive qu'il faut beaucoup moins de réchauds, elle ne

jette point d'étincelles, et peut facilement être entretenue par des additions successives. On peut aussi, en ajoutant de l'eau gommée au mélange, en faire des balles que l'on fait sécher, mais la lumière en est un peu moins vive; il est à la vérité plus cher que la poix, mais le prix ne peut être d'aucune considération au jour d'honneur d'une forteresse.

L'éclairage d'un terrain voisin se faisait jusqu'ici par des balles à éclairer, composées de deux anneaux en fer joints en croix, fermés inférieurement par une calotte, chargés avec une composition à éclairer fondue, pourvue quelquefois de mitraille et de coups spontanés [1] et recouverts d'un sac trempé dans de la poix. Cette composition à éclairer produite par la fusion est cassante, et se brise souvent par les battemens dans l'âme de la bouche à feu. C'est pour cette raison qu'en Angleterre on y mêle du chanvre et des cordes détordues, ce qui en diminue beaucoup la lumière. Ces mélanges ne supportant qu'une faible charge, n'atteignent que de petites portées et se brisent même souvent à leur chute; il faut ajouter que souvent ils cassent par parties par les détonnations produites par les soufflures qu'il est impossible d'éviter en comprimant les compositions fondues. La moindre inégalité du terrain, le moindre fossé où la balle tombe, en détruisent tout l'effet, et l'ennemi peut facilement les éteindre comme il est arrivé à Ciudad-Rodrigo selon Jones. Si on y ajoute des gre-

[1] *Selbstschüsse*.

nades, elles ne prennent pas feu, ou s'enflamment trop tôt et dispersent le restant de la composition sans être allumé; elles prennent du reste beaucoup d'espace que l'on préfère remplir avec de la composition.

Il n'est pas nécessaire de démontrer combien il est désavantageux de recouvrir une composition, qui doit éclairer, avec au sac trempé en outre dans de la poix.

La force d'éclairage des balles actuelles est minime. A 700 pas, le diamètre de l'espace éclairé de la balle de 5 ½ pouces est de 20 pas, celui de la balle de 6,36 de 40, et de celle de 10,68 de 76 pas. Tous les points entre ces zones et l'observateur sont invisibles. A 300 pas, l'espace éclairé de celle de 5 ½ est de 30 pas, de 6,36 de 50, et de 10,68 de 110 pas. On distingue dans ces zones les hommes qui se meuvent, mais difficilement ceux qui restent immobiles; l'observateur ne découvre qu'avec beaucoup de peine le terrain entre lui et le point où est la balle. D'après des épreuves faites à Vienne en 1827, des balles à feu de 60 et de 30 livres brûlèrent 9 minutes; avec la première on vit à 300 toises les travailleurs qui étaient sur le parapet, et les troupes, qui s'en trouvaient à 100 pas. Celle de 30 livres ne produisit que le ⅓ de cet effet.

Quand l'air est tranquille, on se sert avec avantage des balles à éclairer à parachute, qui sont portées par des fusées au point où l'on veut les avoir; on les inventa en Danemarck, ainsi que les feuilles de 1820 nous l'annoncèrent, nous les vîmes déjà en 1821 en

Autriche et en 1823 Congrève prit un brevet pour elles. Elles corrigent la plupart des défauts pour autant qu'on peut le certifier *à priori*. Elles donnent selon les observations anglaises une sphère lumineuse de 1,500 pieds de rayon. Les danoises furent vues avec de bonnes lunettes à 18 milles, et les autrichiennes à 24.

Les balles à éclairer à parachute ont diverses dispositions qui sont encore peu connues. Les parachutes que l'on fit comme les parapluies avec une carcasse ne réussirent ni en Danemarck ni en Angleterre, parce que les cordons s'embrouillaient dans les baguettes. En Angleterre, le parachute plié forme un bonnet pointu; construit en taffetas ciré, il est plus imperméable à l'air que celui en toile, mais il colle plus ensemble.

Cette méthode peut offrir d'excellens résultats quand l'air est tranquille; car peu lui importe le terrain, elle ne peut être détruite par l'ennemi, elle éclaire à toutes les distances, et la surface éclairée est grande, etc.; mais un fort vent emporterait la balle à feu avec son parachute et le but serait manqué. On doit alors recourir à d'autres moyens dont nous recommanderons le suivant: on prend un boulet creux à minces parois que l'on charge de cylindres de composition à éclairer, préparés comme ceux des compositions incendiaires (voyez page 55); on y ajoute une charge pour le faire éclater et on y adapte une fusée dont la longueur est déterminée par la distance à parcourir. Le boulet éclatera à ce point et les petites

balles à éclairer retomberont doucement en brûlant. Des épreuves devront fixer les rapports les plus avantageux entre la hauteur à laquelle on veut le faire éclater, la grosseur des morceaux de composition, etc. Quoique la durée de leur combustion soit courte, on obtiendra vraisemblablement un meilleur éclairage que celui en usage, et on évitera ainsi les nombreux inconvéniens des balles à éclairer ordinaires. Il serait aussi possible, comme nous l'avons essayé, d'obtenir cette composition à éclairer en poudre, de la renfermer dans des enveloppes métalliques très-fusibles, par exemple l'alliage de Rose, de la forme et du poids d'un obus, qui s'ouvriraient en partie par l'inflammation de la composition. Il s'agirait de former un alliage peu cassant quoique très-fluide étant fondu; et pour que l'obus ne souffrît pas dans la pièce on l'ensabotterait et on la fortifierait par une bande en fer. Une pareille balle à éclairer serait plus coûteuse que les anciennes, mais combien de coups ne manquent pas la nuit parce qu'on ne peut éclairer auparavant le but. Si l'on réfléchit que chaque coup au mortier rendu devant la place coûte 18 à 20 francs, et que des batteries de mortier ont tiré quelquefois 800 à 1000 coups sans presque toucher, on conviendra qu'une bonne balle à éclairer vaut bien 18 à 20 francs.

On doit diviser les signaux de nuit en ceux qui doivent former une espèce de ligne télégraphique que des hommes munis même de lunettes doivent observer, et en ceux qui sont préparés d'avance pendant

des mois et des semaines entières, et qui doivent éclairer d'une manière si continue et si frappante, qu'ils puissent être vus de suite et par chacun à des lieues de distance, comme cela est nécessaire pour donner l'alarme à des cantonnemens étendus. On emploie avec le plus de succès pour les premiers des éclairs qui sont visibles de très-loin, d'après les essais faits dans des opérations géodésiques; comme le moment et le lieu de l'apparition n'influent pas extrêmement, ces feux seraient très-sûrs, si on les donnait par des fusées garnies d'un fort marron. Des épreuves ont montré que des signaux d'une demi-livre de poudre étaient vus à l'œil nu à 30 milles. Pour établir une ligne télégraphique avec ces signaux, on aura deux expédiens : changer les intervalles entre les feux, ou, si les distances sont courtes, faire varier les couleurs des flammes. On devrait dans le premier cas employer au lieu de fusées, de légers échafaudages très-élevés sur lesquels seraient fixés des plateaux avec des appareils à percussion qui permissent d'observer très-exactement. Les intervalles de tous les feux colorés ne peuvent pas être distingués dans les éclairs, il faut donc les adapter aux garnitures des fusées.

Les feux colorés se font par des additions à la poudre ordinaire; il serait très-facile d'emporter dans les équipages des garnitures de chaque couleur pour les fusées de signaux.

Le feu brillant ou feu chinois importé par le missionnaire Incarville, donne une lumière *blanche*, mais plus rayonnante que celle du soufre-salpêtré.

C'est la fonte de fer qui en forme le brillant ; on l'agite avec un peu d'huile avant de l'y mêler pour en prévenir la rouille; la composition doit être très-combustible pour porter le fer au rouge blanc. On ajoute à 100 parties de pulvérin 25 d'acier ou de limaille de fer, sans ralentir d'avantage la combustion que par la compression. On peut aussi ajouter à la limaille un peu de soufre-salpêtré. Une composition à éclairer proposée en Angleterre, composée de chlorate de potasse et de sucre, donne une lumière rouge et peu claire.

On obtient une poudre qui brûle avec une flamme verte par l'addition de nitrate de baryte avec le chlorate potassique, le nitrate cuivrique, l'acétate cuivrique.

La flamme blanche se fait par l'addition de sulfure d'antimoine, de sulfure d'arsenic, de camphre.

La couleur rouge est donnée par le mélange de noir de fumée, de houille, de cendres d'os, de sanguine, de nitrate strontianique, de pierre-ponce, de mica, d'oxide cobaltique.

La flamme est bleue avec de l'ivoire, du bismuth, de l'alun, du zinc, du sulfate cuivrique débarrassé de son eau-mère.

La flamme jaune se fait par de l'ambre, du carbonate sodique, du sulfate sodique, du cinabre.

Il faut pour que ces couleurs ressortent bien, activer la combustion en ajoutant aux compositions du chlorate potassique.

De grandes flammes colorées d'esprit de vin, que

l'on rend plus fortes en y faisant passer un courant d'air, peuvent suffire quelquefois à de courtes distances.

De l'alcohol et du chlorure strontianique donnent une flamme rouge.

La couleur orange se fait par le chlorure calcique.

La verte par du nitrate cuivrique ou l'acide borique.

La jaune par le chlorure sodique (sel commun) et la violette par le salpêtre.

Si l'on veut obtenir la couleur de la flamme de suite après l'inflammation, on ne doit ajouter qu'autant d'esprit de vin qu'il est nécessaire pour humecter le sel, et l'on peut toujours en ajouter avec une cuiller. On forme avec le sel un petit cône que l'on comprime fortement.

Les Anglais se servent actuellement de fusées avec différentes garnitures colorées, pour donner des signaux et établir des lignes télégraphiques sur mer. Ils sont parvenus à produire 10 nuances très-tanchées qui suffisent complétement pour des branches particulières de correspondance.

On se servait jusqu'ici pour de plus grands signaux d'alarmes des fanaux connus, où la paille et le goudron donnaient la flamme. Quelque simple que paraisse un pareil fanal, il donne beaucoup de travail, une flamme rouge foncée et trouble, qui se distingue difficilement par un tems nébuleux. Un tonnelet ouvert à sa partie supérieure, contenant un mélange fait rapidement dans un mortier de 1 partie de soufre,

2 1/2 de salpêtre[1] et 1/5 de pulvérin, le tout, un peu comprimé, donne un excellent signal, si on le place sur une perche et qu'on le surmonte d'un petit toit de paille. On pourrait diminuer ainsi le nombre de signaux et par suite être moins exposé aux fausses alarmes.

[1] On prend dans ce cas plus de soufre proportionnellement au salpêtre, parce qu'on ne peut compter sur un mélange intime.



CHAPITRE III.

Amorces.

I. AMORCES FULMINANTES.

Après que Bertholet eut prouvé que du chlorate de potasse mêlé à la poudre détonnait pas un fort choc, on fut bien près de l'idée de remplacer au fusil d'infanterie la batterie, qui exige tant de conditions pour qu'elle fasse toujours avec sûreté son service, par un appareil à percussion, où l'on pût épargner une grande partie de ressorts, et, comme on le trouva plus tard, où l'on pût soustraire l'amorce aux influences du tems. Quelque facile que parût cette correction au commencement, on rencontra plus tard de mombreuses difficultés imprévues, et malgré le perfectionnement réel tant de l'amorce que du fusil, on n'est parvenu que depuis peu dans quelques armées à les confier à des corps particulièrement familiers avec l'arme, mais on n'a encore osé nulle part changer la batterie à silex de l'infanterie de ligne, contre celle à percussion. Même les défenseurs les plus enthousiastes de la nouvelle méthode, conviennent que lorsqu'ils passent du fusil de chasse bien soigné qui les séduisit, à l'épais mousquet, ils n'o-

seraient décider l'introduction générale de la percussion.

L'effet avantageux de l'amorce fulminante dans un fusil bien tenu est très-important ; le tir est plus sûr, plus indépendant du tems, plus efficace parce que la lumière est bouchée et que tout le feu de l'amorce est concentré avec violence sur la charge. On peut employer de la poudre de moindre qualité, on n'en perd pas en chargeant et on obtient des résultats plus uniformes. La platine est plus simple, puisqu'il ne s'agit plus de l'harmonie de trois ressorts et que l'on ne doit plus soigner pour l'exactitude de la trempe de l'acier de la batterie, ni pour l'aiguisement et l'ajustage de la pierre à feu. Le compassement du piston est tel qu'il est touché par la surface entière du marteau, qu'il retient bien la capsule sans la serrer; mais la trempe n'en est pas aussi facile qu'il le semblerait.

D'après les essais de Gay-Lussac, Pelissier et Aubert, on peut épargner avec l'amorce fulminante, le $^1/_{10}$ de la charge et le $\frac{1}{2}$ d'après des épreuves hannovriennes. Je me suis assuré souvent qu'on peut avec une bonne capsule de fulminate mercureux et sans aucune charge, chasser un bouchon hors d'un fusil; ceci n'a cependant lieu que lorsque l'inflammation provient d'un choc et non par la chaleur ; comme en général les épreuves saxonnes et celles de Metsch, ont montré que la poudre fulminante enflammée par la chaleur agit plus faiblement que celle que l'on fait détonner par le choc. Plus le choc est fort, plus l'action est grande et le coup bruyant. Cependant le fusil

est plus fortement attaqué par toute espèce de percussion que par la platine à silex; il l'est mécaniquement par la violence du jet avec l'amorce au fulminate mercureux et mécaniquement et chimiquement par le chlorate potassique.

Des épreuves hannovriennes donnèrent par un tems pluvieux sur 27,000 coups à percussion, 21 ratés et 72 faux feux, où la charge ne prit pas feu; avec la platine à silex il y eut 1448 ratés et 378 faux feux. Sur 11,000 coups faits à 100 tous les cinq jours, sans nettoyer les fusils, la percussion donna 6 ratés et 8 faux feux; la platine à silex donna 599 ratés et 207 faux feux.

Gassendi rapporte des épreuves avec la platine à silex, où la pierre était renouvelée après 30 coups, et les canons de fusils lavés après 60; sur 900 coups tirés par trois fusils à raison de 300, il y eut:

138	ratés	
46	»	provenant du bassinet.
92	faux feux	
276		

Des épreuves comparatives et faites sur une plus grande échelle avec différens fusils, donnèrent:

Avec le fusil français de	1777,	1	raté sur	15	coups.
» »	1754,	1	»	44	»
» »	1763,	1	»	121	»
» Autrichien ancien mod.,		1	»	62 1/2	»
» Anglais nouv. modèle.,		1	»	44	»
» Espagnol.		1	»	22	»
» Russe		1	»	28	»
Français corrigé.		1	»	45	»

Avec le fusil à percussion chargé, une petite pluie fait rater $^{1}/_{8}$ des coups et une pluie de plusieurs heures $\frac{1}{2}$, tandis qu'avec le fusil à silex elles donnent $\frac{1}{4}$ et $^{4}/_{5}$ de ratés.

La diminution du résidu de la poudre dans les armes portatives est frappante, quand on se sert des amorces fulminantes; il m'est cependant arrivé une fois que le canal du piston recouvert chaque fois par le chien, s'est trouvé complétement bouché par ce résidu (de la fumée condensée). Le corps étant extrait se composait de couches très-fines, concentriques, de la forme du piston. On a donc essayé en Saxe de percer le chien dans le prolongement de la lumière, pour détourner ainsi la fumée. Cependant ce léger encrassement peut très-bien provenir de la manière de faire feu, et ne doit pas être attribué uniquement à l'amorce.

Cette nouvelle manière de mettre le feu a aussi été appliquée aux bouches à feu, où l'on a cependant beaucoup plus de conditions à satisfaire qu'aux armes portatives. Le besoin d'une meilleure manière de communiquer le feu, ne s'est jamais fait beaucoup sentir dans l'artillerie, quelque tems qu'il fît; dans les batailles où aucun fusil ne pouvait plus tirer, on vit rarement rater une bouche à feu et tous les artilleurs expérimentés conviennent unanimement, qu'il ne s'est jamais présenté un cas où un tems pluvieux ou tempêtueux les ait empêchés de faire feu.

Ce serait sortir de notre cadre que de décrire les différens appareils que l'on a adaptés aux armes à feu

portatives et aux bouches à feu, pour y appliquer la percussion; nous ne devons qu'examiner les différentes amorces que l'on a essayées.

AMORCE FULMINANTE POUR ARMES PORTATIVES [1].

Comme au commencement des épreuves avec la percussion on connaissait encore peu les qualités du fulminate mercureux, les amorces consistaient en poudre muriatique, c'est-à-dire, en poudre préparée avec le chlorate potassique, qui, ne pouvant être employé en grandes masses comme la poudre ordinaire, fait prouvé par de nombreux essais malheureux, servit par sa grande combustibilité comme poudre d'amorce. Il paraît que quoique les platines à percussion fussent en usage dès 1800, dans la marine, ce fut Forsyth qui prit, en 1807, le premier brevet pour un fusil à percussion, et qu'en 1808, un nommé Pauli en obtint un autre. Le dernier employait une amorce de forme lenticulaire en poudre muriatique, qu'il plaçait derrière à la culasse. On rejeta bientôt cette méthode, parce que ces grains d'amorce étaient très-dangereux, en ce qu'un seul enflammé par hasard, mettait le feu à tous les autres, et on donna la préférence à la disposition où le grain était sphérique et renfermé dans de la cire

[1] Le premier usage de la platine à percussion dans le combat proprement dit, paraît avoir été fait par les Français dans l'expédition d'Alger, où leurs tirailleurs étaient armés de carabines à percussion.

ou du vernis à l'huile ; on le plaçait à chaque coup, ou on le renfermait dans des platines à magasin, comme par exemple celle de Forsyth, qui en contenait 40, et qui le faisait avancer de lui-même à chaque coup. Les boulettes étaient si bien préservées par l'enveloppe de cire ou de vernis, qu'on ne pouvait pas même les enflammer par des étincelles d'acier sur pierre. On renonça bientôt complétement aux platines à magasin, à cause de la complication du procédé et du danger que la masse entière, même en boulettes, ne s'enflammât à la fois par la dislocation de la platine ; on rejeta de même la manière de communiquer le feu par derrière, ce qui augmentait beaucoup, il est vrai, l'énergie du coup, mais exposait aussi à un plus grand danger. Forsyth doit avoir dépensé en vain 100,000 livres sterling en essais pour éviter la forte oxidation de ses fusils par le chlorate de potasse.

La forme de boulettes était incommode, et si quelques-uns la prônent encore aujourd'hui, tous les hommes experts sont de l'opinion qu'elles présentent beaucoup d'inconvéniens en hiver, parce qu'elles sont difficiles à saisir, et par un tems très-chaud parce qu'elles sont gluantes. Verguand, qui les défend, dit qu'il suffit de les recouvrir d'une faible couche de cire blanche et de les rouler dans de la semence de lycopodium, pour faire disparaître ces inconvéniens.

On fit bientôt deux progrès importans, l'un après que l'essai de préparer la poudre d'amorce en galettes recouvertes en plomb et en grains vernissés n'eut pas réussi, de couler l'amorce dans de petites capsules

en cuivre, et le second d'employer au lieu de chlorate potassique du fulminate mercureux, ce que les Anglais attribuent à un M. Joyce de Londres. Ce fulminate donna une amorce beaucoup plus certaine, sans endommager les fusils comme le faisait le chlorate potassique. On avait cru primitivement que le premier ne pouvait servir à cet usage, parce qu'il dispersait la poudre et ne l'enflammait pas; mais on trouva bientôt qu'il obtenait une force suffisante pour l'inflammation, en le mélangeant avec la poudre, ou même seulement avec le salpêtre.

Les capsules en cuivre paraissent avoir été connues en Allemagne avant Wright, qui le premier les annonça publiquement en Angleterre, où l'on en attribue l'invention réelle à Joseph Egg de Londres[1]. On les adopta généralement d'après la recommandation de Wright. Deboubert les contrefit en France, où on les perfectionna; plus tard, en Allemagne et en France on en établit de très-grandes fabriques, qui en confectionnent annuellement plusieurs millions et qui sont déjà si avancées dans leur fabrication, que le mille ne coûte guère plus de 2 fr. 50.

Leur confection est à peu près la suivante : les capsules sont percées dans du cuivre laminé, on avait essayé de les faire avec de la tôle; mais la différence de prix est peu sensible, et quoiqu'on les recouvrît d'un vernis gris, ou qu'on les fît en fer blanc, elles

[1] Josh. Schaw prétend que les capsules en cuivre étaient en usage dans le nord de l'Amérique depuis 1817 (*Journal of Franklin institute*. Mars 1829).

s'oxidaient plus facilement que celles en cuivre. Nous avons cependant vu des échantillons en fer blanc aussi mince que le cuivre, et qui s'étaient conservés fort long-tems sans rouille. Dans les derniers tems, Sellier a confectionné des capsules dites à la Congrève, faites de cuivre en feuilles, et platinées des deux côtés en argent, qui n'ont pour elles que l'avantage d'une belle apparence, quoiqu'on prétende qu'elles se conservent mieux.

Le meilleur cuivre étant laminé en feuilles minces et trés-uniformes par des chaudes successives, et étant passées au laminoir jusqu'à ce qu'elles aient l'épaisseur de 0,01 de pouce, on en perce des rondelles avec une grande vitesse au moyen d'un perçoir. Un autre ouvrier presse alors ces rondelles dans une forme à capsule au moyen d'une presse à balancier; ce qui se fait selon la forme en une ou deux opérations; il faut ordinairement 2 laminoirs pour 2 perçoirs et une presse. On lave les capsules, pour les épurer, dans de l'acide sulfurique étendu d'eau.

Abstraction faite de la grandeur, il y a maintenant trois formes différentes [1]. Toutes trois sont cylindriques ou approchant; la première est simplement une capsule ouverte à une extrémité, la seconde a un petit rebord inférieur, qui permet de mieux la saisir, quand on veut la retirer du piston, et d'en distinguer de suite les deux extrémités au toucher, ce qui

[1] Les capsules à côtes, que l'on regardait comme devant s'appliquer mieux sur le piston, n'ont été confectionnées qu'une fois comme essai.

est surtout important dans le tir de nuit et par un grand froid ; la troisième a, au bout supérieur, un second petit cylindre pour la composition, qui est répandue sur toute la partie supérieure dans les autres.

Pour éviter l'inconvénient que les capsules restent sur le piston après chaque coup, on donne aux rondelles la forme d'une croix quand on les perce dans la feuille, et on les presse ensuite dans la forme de la capsule de manière à réunir les quatre branches, qui se séparent de nouveau quand le coup est parti et tombent ainsi d'elles-mêmes quand on relève le chien. L'entaille ne doit cependant pas arriver jusqu'à la composition, qui, autrement, deviendrait humide. On fait les parois de la capsule à côtes pour l'ornement et pour la facilité de la saisir.

La poudre d'amorce avec le chlorate potassique se fait d'après différentes recettes, que nous ne répèterons pas ici, parce qu'elles sont pour la plupart composées arbitrairement. L'on verra combien l'on est induit en erreur par tous ces procédés sans aucune théorie exacte, en sachant que, d'après quelques-uns, on ajoute à 100 parties de chlorate potassique, 160 parties d'autres substances, et seulement 8 selon d'autres. La plupart et les meilleurs des mélanges approchent le plus de la poudre, et l'on obtient le plus parfait, comme je l'ai trouvé par mes nombreux essais, en prenant le pulvérin et le chlorate de potasse par parties égales, parce qu'alors la poudre muriatique prend, des substances qui com-

posent la poudre, la consistance qu'elles acquièrent par les pressions au moulin. Cette poudre n'est pas aussi inflammable que celle que l'on obtiendrait par le mélange direct de ce sel avec le charbon et le soufre, mais elle est beaucoup plus durable. — Les additions de semence de lycopodium ou de noir d'ivoire calciné préservent la poudre de l'humidité, mais laissent un fort résidu. Si on ajoute du sulfure d'arsenic, du sulfure d'antimoine, du sulfure de mercure, à la fois avec du charbon, ces substances n'atteignent aucun but et sont, sous tous les rapports, moins favorables que le soufre ordinaire, qu'elles ne remplacent que mal et avec plus de frais. Villanova de Naples prétend avoir obtenu par le chlorate de potasse et le sulfure d'antimoine seuls une poudre d'amorce préférable à toutes les autres. Les préparations avec le chlorate de potasse sont maintenant abandonnées partout pour le fusil, et ne sont encore employées que pour les bouches à feu.

Le fulminate mercureux se prépare de la manière suivante : On verse dans une capsule de verre 1 partie de mercure (1 gramme au plus) avec 9 parties d'acide nitrique de 42° au pèse-acides de Beaumé, on chauffe le tout dans un bain de sable jusqu'à ce que tout le mercure soit dissous, on laisse refroidir tranquillement la dissolution pendant 24 heures. On la chauffe de nouveau dans le bain de sable jusqu'à ce qu'elle soit tiède, et on y ajoute $\frac{1}{2}$ partie d'alcohol à 0,85 de densité. Le mélange entre en ébullition et laisse dégager des vapeurs rutilantes sentant l'éther; on le remue, puis

après 3 à 4 minutes on retire la capsule du bain de sable ; en le laissant reposer, le fulminate mercureux se précipite sous forme de petits cristaux ; on décante soigneusement, on lave à plusieurs reprises le résidu avec de l'eau distillée et on le sèche sur un filtre à l'ombre. On obtient de cette manière 1 $\frac{1}{4}$ partie de fulminate mercureux. Il se compose d'oxide mercureux et d'acide fulminique dont le radical est formé par le nitrogène et le carbone (le cyanogène). Il se dégage par la détonnation du nitrogène et des vapeurs mercurielles. Le carbone reste sans presqu'être brûlé dans le résidu, qui est de 0,75 de la quantité de sel employée. Il donne presque la moitié autant de gaz que la poudre à canon ($^{8}/_{20}$ de pouces cubes de gaz par grain de fulminate mercureux et la poudre $^{15}/_{20}$), mais il le dégage dans un tems beaucoup plus court.

Le fulminate mercureux ainsi obtenu est humecté de 0,30 d'eau et broyé; on ajoute soit du salpêtre et de la poudre à canon dans la proportion de 2 parties de salpêtre et 4 de poudre, ou 3 $\frac{1}{2}$ de salpêtre et 6 $\frac{1}{2}$ de poudre sur 10 de fulminate mercureux, soit uniquement $^{3}/_{5}$ de poudre. On évite par ce mélange le résidu charbonneux que ce sel laisse après sa combustion, qu'il opère sans doute au moyen du salpêtre. Il paraît n'entrer dans les nouvelles capsules de Sellier qu'avec du salpêtre et peut-être un peu de soufre, du moins la proportion du charbon est insignifiante.

On prend en France sur 10 parties de fulminate mercureux, 6 parties de poudre de chasse ou autant de salpêtre et de soufre qu'il y en a dans celle-ci. Dans

les capsules à la Congrève la composition d'amorce est teinte par un peu de cinabre (sulfure de mercure) pour la beauté, ce qui paraît être la cause qu'il n'y a point de soufre.

On peut facilement déterminer le degré d'inflammabilité de la poudre fulminante; on emploie à cette fin en Angleterre un marteau pesant 2 livres, qui ne doit pas enflammer la capsule en tombant de la hauteur de 2 pouces, et s'il ne le fait pas à 5 pouces de chute, la poudre n'est pas assez vive et on doit y ajouter du fulminate mercureux.

La trituration du mélange fulminant se fait sur des tables de marbre avec des molettes en bois, et n'est pas dangereuse par l'humectation des matières; car si même l'inflammation pouvait avoir lieu par un frottement trop violent, elle ne serait que partielle, soulèverait la molette et fendrait peut-être la table de marbre, mais ne se communiquerait pas à toute la masse. Cependant on n'en triture jamais plus de 100 grains à la fois. La quantité de poudre fulminante qui entre dans une capsule est très-minime; j'en trouvais 0,0183 grammes dans celles que l'on emploie actuellement pour la chasse; une livre prussienne de mercure donne, d'après Gay-Lussac, assez de sel pour 18500 capsules. La poudre fulminante est introduite encore humide dans les capsules par un appareil très-simple, et y est ensuite comprimée par une espèce de presse.

L'appareil pour charger les capsules est le suivant : Une plaque polie est percée de 4 à 500 trous d'un diamètre tel qu'ils puissent chacun recevoir une cap-

sule, son épaisseur est égale à la hauteur des capsules. Elle repose sur une autre plaque massive de manière que le fond des capsules s'y appuie. Une troisième plaque percée tout-à-fait comme la première, mais d'une épaisseur telle que chaque trou ne puisse contenir que la quantité exacte de composition pour une seule capsule, repose sur la première et ne peut glisser sur elle que de la largeur d'un trou. On la place de manière que les trous ne correspondent pas avec ceux de l'autre, on la couvre de composition, qu'on étend avec une spatule dans les trous jusqu'à ce qu'elle affleure, on en râcle l'excédant, on glisse la plaque de manière que les trous supérieurs correspondent exactement aux orifices des capsules, on donne un petit coup sur la plaque supérieure et on remplit ainsi à la fois toutes les capsules de la même quantité de composition.

Beaucoup de capsules s'enflamment par la compression sans autre détriment que de mettre bientôt hors de service le poinçon d'acier avec lequel la pression s'exerce. — Il est moins avantageux de former un petit gâteau de la composition et de le coller dans la capsule au moyen de gomme au lieu de l'y presser. Plus la couche en est épaisse et moins elle est inflammable; elle se trouvait jusqu'ici dans le petit cylindre supérieur ou était répandue sur tout le fond supérieur. On a nouvellement pressé la composition en forme de demi-sphère contre le milieu du fond; mais quoique l'inflammation soit plus certaine, on n'est pas satisfait de cette méthode, parce qu'elle endommage beaucoup le piston.

On met sur la composition ou une couche de la laque de Sehmit [1] ou d'une dissolution de benjoin et de gomme. Mais toutes ces laques troublent jusqu'à un certain point, par leur mollesse, l'effet du marteau, et la gomme devient facilement humide; c'est ce qui a fait essayer la petite séparation, et la charge demi-sphérique pour devoir le moins possible garantir la composition. On a depuis peu recouvert la charge par des ronds métalliques très-minces de zinc, de fer, de cuivre, etc., au lieu de laques, en les faisant plans ou avec une convexité pour les charges demi-sphériques. Elles renferment hermétiquement la composition, y sont comprimées également par cette espèce de presse, et pour plus de sûreté encore elles sont enduites d'un vernis. Macerone plonge le bord inférieur de la capsule, après sa confection, dans de la cire fondue et ramollie par un peu de suif, ce qui fait qu'elle s'adapte plus hermétiquement sur le piston.

Ces capsules résistent assez bien à l'humidité, celles au fulminate mercureux en sont plus détériorées que celles au chlorate potassique. Le premier paraît effleurir à la surface par l'action prolongée de l'humidité, il se pourrait aussi qu'il fût décomposé en partie par le cuivre. Les capsules au chlorate potassique perdent de leur qualité à l'humidité, celles au fulmi-

[1] 16 parties de gomme-laque.
2 » de colophane.
2 » de térébenthine,
20 » d'alcohol, digérées plusieurs jours à une chaleur modérée.

nate mercureux deviennent, d'après quelques-uns, beaucoup plus sensibles et détonnent rien qu'en abaissant le chien; d'autres nient ce fait.

Pour remédier au défaut très-grave qu'offrent les capsules dans leur usage en campagne, de ne pouvoir être tirées par un tems froid que difficilement de la petite poche destinée à les contenir, et être de même placées sur le piston, défaut qui peut en faire perdre assez pour que le soldat doive cesser de tirer, Sellier a fixé à la balle de la cartouche un disque en feutre du calibre du fusil, et de 2 lignes à peu près d'épaisseur; ce disque est percé au milieu pour recevoir une capsule et l'y retenir en lui faisant présenter l'ouverture en dehors. Si l'on veut charger, on presse la cartouche sans l'ouvrir en plaçant l'ouverture de la capsule sur le piston et en le tournant sur le côté, la capsule abandonne le disque et reste fixée sur le piston. La cartouche est ensuite déchirée et chargée comme de coutume, le disque de feutre forme une espèce de bouchon. Cette disposition n'est applicable qu'aux cartouches pliées et non aux collées, mais combien de cartouches roulées des mois entiers dans la giberne de soldats peu soigneux conserveront leurs capsules?

Si une capsule s'enflamme entre un certain nombre d'autres, celles-ci ne prennent ordinairement pas feu; cependant il s'est présenté depuis peu un cas à Londres ou un paquet de capsules mal emballées fit sauter un chariot; ce qui était d'autant moins à prévoir, que la société d'encouragement avait envain cherché à

enflammer la poudre fulminante libre, soit en la roulant violemment dans des barils, même avec des balles en plomb, soit en faisant tomber les tonnes de 36 pieds de hauteur, etc.

Il faut encore mentionner comme percussion particulière la suivante :

Norton en Angleterre et Delvigne en France ont inventé des balles en plomb oblongues, creuses, chargées de poudre et pourvues d'une fusée en étain garnie d'une capsule qui communique le feu par sa chute contre un corps solide ; elles sont tirées avec des carabines rayées, ont des saillies correspondantes aux rayures et sont destinées à incendier des caissons, de la paille, etc. ; tirées surtout par des fusils de rempart elles ont, en France, produit beaucoup d'effet. L'idée de cette invention est venue d'un coup de feu qui, à la bataille de Busaco, fit sauter un caisson, ce caisson en fit sauter d'autres, mit le feu à un bois voisin et contribua ainsi beaucoup au gain de la bataille.

Nous avons fait ces épreuves et nous avons trouvé que la confection des balles n'offre aucune difficulté, et que leur inflammation est certaine, surtout si, au lieu d'une fusée en étain, on en prend une en zinc. Il est cependant très-difficile et dangereux de charger cette balle, même d'un diamètre plus petit que la balle ordinaire de la carabine, et très-incertain pour l'emploi en campagne si l'arme est un peu encrassée; à 50 pas la balle touche avec certitude la cible du côté de la capsule, mais à de plus grandes distances

elle la frappe à plat, aussi les déviations sont-elles beaucoup plus grandes qu'avec les balles rondes.

AMORCES FULMINANTES POUR BOUCHES A FEU.

Les amorces fulminantes furent d'abord employées aux bouches à feu de la marine, où la mèche pouvait être extrêmement dangereuse; il était de la plus haute importance de se servir d'un appareil non en ignition pour communiquer le feu aux pièces. Il n'était pas difficile de l'adapter à ces bouches à feu, puisqu'on avait souvent déjà fait usage de la platine à silex. La méthode à percussion satisfaisant à ces conditions sera certainement adoptée partout.

Des circonstances très-différentes se présentèrent quand on voulut aussi employer le système à percussion dans l'artillerie de terre[1]. D'abord l'utilité n'en était pas aussi péremptoire; la bouche à feu ne rate pas facilement par la pluie, ce qui détruit un avantage majeur des amorces fulminantes, surtout que dans certains cas, par un tems pluvieux, elles peuvent aussi rater. On ne peut cependant nier, d'après des épreuves, que des étoupilles ordinaires exposées lon

[1] Les premiers essais paraissent avoir été faits à Cassel en 18 ; D'après d'autres, on s'en est déjà occupé à Metz, dès 1809; pareils essais on été faits depuis dans presque tous les p En 1820, Bell de l'Amérique septentrionale, obtint un brevet pour un appareil aux bouches à feu, au moyen duquel il fit fois feu avec une pièce de 24.

tems à l'humidité dans des caves ne communiquent pas aussi sûrement le feu, même avec l'emploi des lances à feu, que des capsules exposées à la même humidité. L'avantage allégué souvent que l'on évite la mèche en feu, que l'ennemi peut distinguer la nuit, est à peine digne d'être mentionné, puisqu'on peut facilement en cacher le bout igné. Cependant l'amorce fulminante est plus sûre par une tempête que celle où il faut la mèche et la lance à feu. Il est en outre assez important l'avantage qu'offre la percussion de n'avoir pas besoin de mèche, de lance à feu ni de répandre de la poudre d'amorce; la dernière surtout a déjà par la moindre imprudence coûté la main à plusieurs artilleurs, et la mèche aussi a déjà fait sauter maint coffret.

On a opposé à un autre avantage essentiel d'abréger le service et d'accélérer le tir, que l'on ne tirait qu'avec trop de rapidité, et qu'on devait plutôt songer à un moyen de le ralentir, puisque l'expérience enseigne que le pointage est toujours abrégé avec les autres fonctions de la charge; que par suite des coups rapides ne sont que de mauvais coups, et que de plus l'approvisionnement en munitions offrait déjà maintenant les plus grandes difficultés, etc. C'est une objection qui ne peut se soutenir d'aucune manière; c'est l'affaire des officiers de veiller à l'exactitude du pointage, et celui qui *sait* tirer avec vitesse ne *doit* pas pour cela tirer ainsi.

Un autre avantage du système à percussion est une grande économie de frais et de moyens de transport,

puisque la mèche si volumineuse, les lances à feu et les appareils qu'elles exigent, le pulvérin dangereux, les boîtes, etc., sont abandonnés; les frais en sont presque diminués des trois quarts.

D'après un calcul exact, on épargne sur 100,000 étoupilles à percussion, 320 quintaux en poids, 2000 pieds cubes d'espace et 107,590 francs. On ne peut cependant avec les étoupilles à percussion, comme on le croyait, diminuer la charge ainsi que des épreuves précises l'ont prouvé; sous ce rapport, les effets des deux espèces d'étoupilles sont complétement identiques.

Il se peut que l'emploi de capsules fulminantes change ce fait, car il est possible qu'en bouchant la lumière on augmente l'action des gaz sur le projectile. Metsch doit l'avoir observé dans ses épreuves, mais les Suédois n'ont rien remarqué de pareil dans l'emploi de capsules fulminantes. On ne peut cependant nier qu'un coup de canon à percussion, lorsque la pression s'exerce immédiatement sur la lumière, résonne moins long-tems et plus fort, que celui qui est tiré de la manière ordinaire; de même qu'il y a déjà une très-grande différence lorsqu'on tire une même pièce avec les étoupilles françaises d'une combustion lente, et les étoupilles chargées avec de la poudre ordinaire.

Il est très-probable que l'inflammation spontanée des coups deviendra plus rare par cette manière de mettre le feu; quoique peu commune avec les cartouches à boulets, elle est très-fréquente avec celles en blanc.

La plus grande difficulté avec toutes les amorces est de faire feu. On n'a pas voulu employer à cette fin une espèce de platine, pour ne pas faire dépendre le feu des bouches à feu de ressorts aussi fragiles, ni de dents faites artistement; même les appareils les plus simples adaptés aux pièces, comme par exemple un marteau qu'une courroie fait mouvoir, ont été assez tôt hors de service. On peut à la vérité éviter cet inconvénient en faisant feu avec un marteau à main, mais c'est très-fatiguant, parce que le coup partant de la lumière agit avec beaucoup de force sur le bras, et en outre la nuit donne beaucoup de coups à faux. Pour éviter ce dernier défaut, on a placé en Suède le servant, qui fait feu, à cheval sur l'affût; mais on a abandonné ensuite ce moyen. Pour diminuer le choc contre le bras, on a rétréci la lumière, placé le grain d'amorce à côté d'elle, garni la tête des étoupilles, pourvu les marteaux de charnières, etc., tous expédiens qui ne se sont pas soutenus.

On peut distinguer les amorces fulminantes pour bouches à feu, en deux espèces, en étoupilles modifiées et en capsules en cuivre. Elles renfermaient jusqu'ici toutes deux de la poudre préparée avec le chlorate potassique et non du fulminate mercureux, parce que celui-ci n'enflamme pas avec assez de certitude à une distance aussi grande que l'épaisseur du métal au premier renfort, à moins d'en employer des quantités assez fortes, et en outre parce que le chlorate potassique se manie plus facilement et se vend dans le commerce; l'action chimique n'en est pas aussi

destructive sur le bronze que sur le fer. La combustibilité doit être moindre dans ce cas pour diminuer le danger, car si le transport occasione l'explosion d'une simple capsule à fusil, on ne devra pas redouter autant la propagation du feu, qu'avec les munitions d'artillerie, où chaque explosion de capsule enflamme en même tems une étoupille, et où la quantité de composition enflammée est beaucoup plus grande, si l'on n'emploie que les capsules.

Les étoupilles à percussion ont l'avantage sur les capsules, de ne point exiger de changement à la pièce, si l'on ne veut pas y adapter d'appareil pour faire feu, et si le nouveau procédé ne se soutenait pas devant l'ennemi, on pourrait revenir à l'ancien en se servant de la mèche et de la lance à feu; tandis qu'une lumière rétrécie ou une fausse lumière fixe nous laisserait sans défense, si des circonstances, qu'on ne peut faire naître en tems de paix, faisaient rejeter la nouvelle méthode comme incertaine. Il pourrait paraître étrange qu'un système d'amorces, établi par suite de nombreuses épreuves, pût devoir être rejeté devant l'ennemi; mais des cas pareils se sont déjà présentés; les longs transports, qui ne peuvent être remplacés par des essais de marches, les balles ennemies, la mobilité de l'œil et l'agitation du bras, sont des facteurs qu'aucune épreuve en tems de paix ne peut faire entrer dans ses calculs.

Si l'on doit admettre avec les étoupilles à percussion la possibilité d'être forcé devant l'ennemi de recourir à la mèche et à la lance à feu, leur utilité réelle di-

paraît pour la première campagne, puisque dans celle-ci encore on devra conserver les approvisionnemens de mèches, pulvérin, etc.

L'étoupille à percussion ne donnera jamais une inflammation aussi certaine que les capsules, parce qu'elle vacille dans la lumière, qu'elle peut être brisée par un coup oblique, et qu'elle est bien plus exposée à la détérioration qu'une capsule où la composition est beaucoup plus dense et peut dans l'emploi être préservée entièrement de l'humidité par de la bonne laque, etc.

Le changement le plus simple aux étoupilles que j'employai dans mes essais sur cet objet, est de placer au lieu de la tête une boulette de poudre muriatique, qu'une goupille mobile dans un petit tuyau fait détonner au moyen d'un coup de marteau. J'obtins les meilleurs résultats avec les étoupilles qui avaient à la tête une petite demi-sphère, pour éviter que le tuyau ne se courbât par le choc. Les étoupilles étaient chargées comme de coutume sur la broche; on plaçait sur la petite ouverture un grain mince et aplati de poudre muriatique, au-dessus un disque d'ouate que l'on comprimait très-fortement; l'on mettait sur lui une goupille en fer, débordant d'une ligne le petit tuyau et enduite d'un mélange de térébenthine et de résine. On brisait cet enduit en frappant sur la goupille qui enflammait l'étoupille; on évitait ainsi l'inconvénient qu'elle ne se courbât, qu'elle ne volât sur les côtés et n'incommodât les servans, ce qui était arrivé avec d'autres étoupilles. On se servait pour frapper d'un

maillet plat en bois, qui, étant souvent jeté hors des mains de l'artilleur, fut changé en une espèce de clapet se rabattant lui-même quand le coup partait, mais exigeant plus d'exercice des hommes.

Il y a une autre espèce d'étoupilles à percussion, formées d'un cylindre en bois cuit dans l'huile, sur la tête duquel se trouve une cheminée en cuivre et au-dessus une capsule ordinaire; le tout est recouvert avec une étoffe légère; si on ôte la cheminée on a une étoupille ordinaire. L'appareil quoique simple exige beaucoup de réparations, et les cheminées qui portent les capsules doivent être faites avec beaucoup d'exac titude. En outre ces étoupilles détonnaient quand o les jetait violemment à terre, sur la capsule; ce qu l'on peut prévenir, comme M. Von Hadeln le fait observer, en prenant celles-ci plus fortes.

Une autre espèce d'étoupilles métalliques avait un petit tube latéral en tuyau de plume qui renfermait la poudre fulminante, communiquant dans l'étoupille même; on plaçait ce tuyau entre un clapet sur lequel frappait un marteau. On reprocha à cette étoupille trop de complication.

La disposition présentée par le capitaine hannovrien Dehne est analogue. La poudre fulminante est renfer mée dans un petit tuyau latéral en métal, qui se place dans un canal creusé à cet effet vers le bouton culasse, et qui est frappé par un petit marteau à s lèvement adapté par une charnière au bouton culasse.

Nous vîmes en Angleterre une étoupille tout-à-fa

semblable qui enflammait avec certitude. Elle se composait comme la précédente de deux tubes, tous deux en tuyaux de plumes; le tube latéral contenait la poudre fulminante. La pièce portait un couteau court et pesant qui frappait avec le dos sur le tube latéral, dans le genre d'un levier d'abattage, et l'enflammait ainsi.

Depuis que les essais de Metsch avec des capsules fulminantes, n'ont pas donné de résultats favorables, peu d'artilleries ont fait des tentatives du même genre, il n'y en a que deux de connues.

Le lieutenant Aokersten a introduit en Suède des amorces à percussion consistant en une capsule fulminante en cuivre. La pièce a un grain de lumière en acier de $0^{m},0261$ d'épaisseur, percé d'une lumière d'un millimètre de diamètre. A la partie supérieure est un écrou de 0,013 de diamètre, dans lequel entre une vis dont les filets sont un peu arrondis pour se dévisser plus facilement; elle s'enfonce à la profondeur de 0,0261 dans l'épaisseur du métal de la bouche à feu, et la tête en est garnie d'une plaque métallique percée de deux trous pour y placer la clef d'écrou. L'axe dans toute sa longueur en est taraudé en écrou, dont le pas a une direction opposée à celle du pas de la vis extérieure. C'est dans cet écrou intérieur qu'entre le cône pour l'amorce, fait en acier trempé, à ressort et dépassant la plaque de 0,01. La lumière communique exactement avec celle du grain. Vingt secondes suffisent pour retirer le cône avec la vis et en mettre un nouveau. Les épreuves les plus continues n'ont encore

déformé aucun cône, les lumières sont peu évasées et les vis ne se relâchent pas. Quand on ne tire point on dévisse la plaque avec le cône et on y visse une plaque massive, qui bouche parfaitement la lumière.

Les capsules ont 0,01 de diamètre et de hauteur, elles contiennent 1/70 d'once de composition formée de parties égales de pulvérin et de chlorate potassique. Nous les avons vu employer par tout tems, dans le jour et dans la nuit, et elles ne donnaient qu'une moyenne de 2 pour cent de ratés; mais une fois par une pluie battante on cessa tout à coup de tirer, et l'on oublia de couvrir le cône; des gouttes d'eau se déposèrent dans ces lumières étroites, et toutes les bouches à feu ratèrent en recommençant le feu, une d'elles dut même être déchargée, parce que l'eau avait pénétré jusque sur la gargousse qu'on replaça de manière à présenter un endroit sec à la lumière et le coup partit. On voit par là que cette amorce n'a qu'une faible force incendiaire. Elle vient d'être rejetée depuis peu et remplacée par une autre, dont les détails ne sont pas encore connus, mais qui doit consister en général en un tube en cuivre, dans lequel se trouve un tube en verre, contenant la composition, qui s'enflamme par la brisure de ce tube en verre, qu'on casse en pliant fortement le tube extérieur au moyen d'un crochet. Il paraît que leur usage a occasioné des malheurs qui les ont fait abandonner.

L'artillerie saxonne a introduit les capsules depuis 1829; elles ont $0^{m},008$ de hauteur et de diamètre. On avait essayé, pour éviter les éclats du métal, de ne

faire que la plaque supérieure de la capsule en métal et le corps en plusieurs doubles roulés de papier à cartes enduits de graphite, mais celles que l'on a adaptées sont entièrement en cuivre. La lumière saxonne, malgré le cône ajouté, a encore un diamètre assez grand pour recevoir au besoin l'étoupille ordinaire, on en prend par précaution $\frac{1}{5}$ dans l'approvisionnement de campagne. Le marteau ne touche la surface de la capsule qu'à demi, sur la partie qui repose sur le cône et même à côté de la lumière, ainsi seulement sur un demi-cercle. Cette disposition empêche la capsule de se déchirer, mais la fait sauter perpendiculairement en l'air, prévient l'encrassement de la lumière et empêche que la pluie ne la remplisse d'eau, comme il est arrivé à la lumière rétrécie des Suédois. Les pistons durent déjà quatre années et l'un d'eux, même un peu fendu au commencement, est encore en service.

Ces épreuves ont constaté la remarque très-intéressante sur le diamètre des lumières, qui ne peut être trop petit, parce que dans ce cas les amorces à percussion ne font que des trous profonds dans la cartouche sans l'enflammer; le plus petit diamètre que l'on peut employer, doit être de $0^m,0039$.

Les capsules suédoises se laissent froisser, écraser du pied, comprimer même assez fortement sur le piston, sans prendre feu; celles qu'on enflamme par la chaleur agissent peu; mais quand on les fait détonner par un choc violent, leur jet traverse quatre morceaux de flanelle même mouillée. On préserve les

pistons en acier de la rouille en les enduisant d'une graisse faite de suif et de graphite.

FUSÉES.

Les plus anciens obus avaient des fusées qui approchaient des nôtres. Elles étaient en bois et chargées d'une composition pareille aux nôtres, communiquant avec la charge par un petit canal latéral.

Alors déjà on attachait beaucoup d'importance à préciser l'instant de l'inflammation de la charge, problème qui, aujourd'hui encore, exerce l'esprit d'invention. On employait anciennement encore d'autres méthodes que celles usitées aujourd'hui, de couper ou de forer la fusée à la longueur convenable. Les fusées des grenades à main étaient vides; on prenait un bout de mèche qui ne glissât que difficilement dans la lumière de la fusée; on fixait à l'une des extrémités un morceau de plomb plus petit que le diamètre de la lumière; on enflammait l'autre et on plaçait la mèche dans la fusée, le plomb en bas, de manière que la pointe enflammée dépassait extérieurement. Si la grenade tombait avec quelque force sur le sol, le petit poids en plomb tirait la mèche à l'intérieur et enflammait ainsi la charge. Pour que l'œil de la grenade soit toujours au-dessus après la chute, on attachait à la tête de la fusée des rameaux garnis de feuilles qui formaient une espèce de queue. Les obus étaient percés de deux œils qui se correspon-

daient. Dans l'un on vissait un cylindre creux en acier, taillé en lime à l'intérieur. Une barre mobile en acier passait à travers l'autre, ayant extérieurement une grosse tête et intérieurement un chien qui tenait une pierre à feu. On forçait l'obus au moyen de deux ailes, de tomber toujours sur la tête de la barre en acier, qui, par le choc était poussée dans l'obus, à laquelle elle communiquait le feu ; par le frottement de la pierre dans le cylindre creux. De tout tems l'emploi des grenades à main a suscité des plaintes réitérées sur les malheurs nombreux qu'occasione parmi les grenadiers l'explosion précipitée de ces projectiles, ce qui ferait croire que les dispositions de ces tems-là étaient beaucoup moins sûres que les nôtres.

On tira très-long-tems à deux feux, c'est-à-dire on enflammait d'abord la fusée, puis la charge de la bouche à feu; on plaçait pour remplir la chambre un gazon frais ou de l'argile humide, puis on y posait un cylindre en bois, qui occupait exactement l'espace encore libre de la chambre, enfin le projectile que l'on calait et qu'on séparait par des gazons pour que le feu de la fusée ne pût atteindre la charge. On abandonna cette méthode vers le commencement du XVIIe siècle, quoique les Espagnols l'employassent encore au siége de Gibraltar et que les Français aussi la quittèrent plus tard. On croyait le tir à un feu très-difficile; les anciens artificiers le nommaient tir de fumée, probablement par la mauvaise qualité des fusées. On suivait deux procédés : l'un conservait le cylindre en bois sur la charge et négligeait le bouchon

qui le séparait de la charge. Le cylindre était percé de plusieurs trous ou cannelé à la périphérie, et quand il était placé on remplissait ces ouvertures avec du pulvérin qu'on répandait aussi dans la volée, enfin on entourait la bombe de toile apprêtée pour le feu et découpée à l'endroit où le projectile touchait la chambre. Le second procédé omettait le cylindre en bois sur la charge et donnait à la bombe une fusée en fer, vissée à la fois dans l'œil et dans le culot du projectile et communiquant le feu par des ouvertures latérales. On plaçait la bombe garnie de la fusée dans la chambre. Quand les obusiers étaient plus longs, on en perçait la lumière au-dessus de la fusée, et on lui donnait deux canaux dont le plus court communiquait à la fusée, qu'il enflammait ainsi plus tôt que la charge [1].

Des épreuves nouvelles et surtout les essais de Duc, en 1751, prouvent que l'on peut tirer avec un seul feu sans toutes ces difficultés. Les fusées anglaises et suédoises démontrent qu'il n'est pas même nécessaire d'employer des mèches de communication, usitées encore dans beaucoup d'artilleries, et que la fusée peut même être affleurée avec le projectile. Les Anglais ont nouvellement introduit des fusées dont la tête est fermée et où quatre bouts de mèche de communication traversent le bois et communiquent le feu à la composition. En Prusse, la mèche de communication

[1] Les bombes éclataient souvent dans la pièce par cette méthode, comme il arriva devant Landrecy, en 1537, où beaucoup de personnes furent tuées.

est fixée à coups de maillet avec les dernières portions de composition, en Autriche elle est attachée à deux fils qui traversent en croix la tête de la fusée.

La fusée se compose du cylindre en bois et de la composition, forme donnée par Malthus, en 1630. La principale irrégularité de la combustion de la fusée paraît provenir [1] de ce que le bois, séchant après que la fusée est chargée, se sépare en partie de la composition, de manière que le feu peut se communiquer plus rapidement sur les côtés; c'est pourquoi l'artillerie saxonne charge, d'après Rouvroy, ses fusées dans des cartouches en papier, qu'elle place ensuite dans les fusées en bois. Il serait peut-être préférable, après avoir tourné grossièrement la fusée, de la sécher dans du sable chauffé d'abord insensiblement, et ensuite très-fortement, et de la finir au tour; il paraît aussi convenable de la plonger ainsi chauffée dans de l'huile bouillante et de l'y laisser quelque tems. La distillation du bois serait peut-être très-avantageuse. Des épreuves faites en France, en 1819, prouvent que les fusées en métal ne sont pas beaucoup meilleures dans le tir que celles en bois.

Le diamètre de la lumière ne doit pas être trop petit, parce que la fusée s'obstruerait facilement; sa grandeur n'a aucune influence sur la durée de la combustion qui dépend uniquement des proportions du mélange et de sa densité dans la fusée. La tête se

[1] Les écoles pyrotechniques de France ont donné comme problème, la recherche des causes de l'inflammation trop prompte de la charge par les fusées.

brise facilement et en empêche ainsi la combustion; elle peut même produire une déviation du projectile, selon l'opinion de plusieurs auteurs, et comme elle est de peu d'utilité, on peut la négliger.

Les fusées anglaises, pour empêcher que la composition ne soit lancée au dehors, ont à la partie supérieure une excavation conique renversée et des pas de vis plats dans la lumière.

L'on n'est point encore d'accord sur le choix du bois. Le frêne paraîtrait le plus avantageux s'il ne se vermoulait pas aussi facilement, ce que l'on pourrait cependant prévenir en distillant convenablement le bois mouillé. Les fusées anglaises étaient longtems peintes extérieurement à l'huile, mais on a abandonné ce procédé.

On charge les fusées à la main avec un maillet; ce qui ne peut donner, par des individus différens et à différentes reprises de travail, une densité uniforme, ni par suite des durées de combustion parfaitement égales. On devrait se servir d'un marteau soulevé par une manivelle qui diminuerait fortement les différences, on pourrait aussi, pour activer le travail, faire soulever plusieurs marteaux par un arbre de levée.

On a dans ces derniers tems employé divers moyens pour que la fusée communiquât le feu à la charge du projectile à un point donné de sa trajectoire. Les uns dépendent de la chute du projectile creux dont la charge s'enflamme par le choc; les autres se règlent d'après un tems donné et sont indépendans de la chute.

Les premiers se basent presque tous sur l'inflammation par la percussion. Il est assez étrange que cette partie des artifices ait surtout été cultivée par des bourgeois; on ne doit pas s'étonner si la plupart des projets ne peuvent aucunement être adoptés, et si quelques-uns arrachent un sourire involontaire à l'artilleur forcé, malgré lui, de perdre son tems à l'épreuve de pareilles niaiseries. Les projets les plus ridicules reposent surtout sur une disposition intérieure de la fusée, qui s'enflamme par un choc violent à l'extérieur, où, par exemple, du chlorate potassique et de l'acide sulfurique sont séparés par une feuille d'étain qui, se déchirant par la chute du projectile, laisse couler l'acide dans le cànal vers la poudre fulminante qu'il doit enflammer. Ces inventeurs ont tous ensemble oublié que le plus grand choc que souffre le projectile, est celui qu'il reçoit dans la bouche à feu où il éclaterait.

Elles ne sont guère meilleures les inventions où l'obus est renforcé à l'œil, ou en forme de cœur, tantôt pourvu d'une espèce de queue de dragon, ou à rayures pour qu'il tombe toujours sur l'œil et comprime ainsi une grande capsule sur la fusée; ni celles où une pointe, s'enfonçant à l'intérieur, y produit l'explosion d'une capsule, ni selon d'autres propositions, des obus où la simple compression de l'air enflamme la composition.

[1] Des épreuves anglaises, en 1798, ont prouvé qu'il suffisait, pour empêcher des obus concentriques de tomber sur la fusée, de lier dans les mentonnets quelques bouts de cordes qui forment une queue, et maintiennent ainsi la fusée en l'air.

On cite avec avantage une méthode américaine consistant en une fusée de bois très-mince qui se brise au moment de la chute, par l'action d'un poids en plomb, qui y est fixé. Mais l'on ne connaît point le secret de l'inventeur pour prévenir ce bris de la fusée, quand on place l'obus dans la bouche à feu.

Le moyen le plus simple pour que la fusée communique le feu à un tems donné est, ou de la couper à la longueur calculée d'après les épreuves sur la durée de la combustion, ou de la forer sur le côté, pour que la flamme en jaillisse à l'instant donné et communique le feu. Si l'on ne veut point autant de fusées que l'on peut avoir de distances, on peut forer la composition en haut ou en bas, à une certaine profondeur, de sorte que cette partie forée agira comme une étoupille et s'enflammera instantanément; la durée de la combustion de la fusée sera diminuée de cette même longueur. On a proposé, pour se servir de la même fusée à toutes les distances, d'ajouter en la chargeant comme d'ordinaire une broche en fer poli qui la traversât suivant son axe, et fût garnie en haut d'un bouton; on retirerait cette broche au moyen d'une pince jusqu'à la longueur marquée par un trait sur la broche ou par une mesure qu'on y appliquerait. La composition brûlerait instantanément comme une étoupille jusqu'au point ou la broche fermerait le vide qu'on vient de former, et de là elle brûlerait successivement comme une fusée ordinaire.

Les fusées de Hellwig et de Blumenstein se composent de fusées vides en bois dans lesquelles on place

lorsqu'on charge, un cartouche de papier chargé de composition, de la longueur déterminée par la distance, et on l'y colle au calice; la fusée en bois est mastiquée dans le projectile.

Quelques puissances font encore usage des fusées à feu mort. Leur composition ordinaire est de 2 parties de pulverin et 1 partie de cendres de bois, d'argile, de cendres d'os, ou de coquilles d'œufs pulvérisées; ainsi la composition donnée avec trop de substances incombustibles, les fusées brûlent beaucoup plus lentement et avec moins de clarté; la flamme en est cependant visible de jour, comme je l'ai essayé souvent et on la suit de très-loin : un tiers des fusées à peu près ratent.

—

MÈCHE.

La mèche est en usage depuis fort long-tems, on l'employait jusqu'au commencement du XVIe siècle pour les armes portatives et les bouches à feu, et depuis, seulement pour les dernières. Son emploi avec les armes portatives est déjà formellement mentionné en 1278. On se sert de la mèche aux bouches à feu soit immédiatement pour communiquer le feu, soit par l'intermédiaire de la lance à feu qu'elle enflamme.

Ce serait un avantage très-important de pouvoir par les amorces fulminantes se passer de la mèche; car même avec la plus grande précaution, il est difficile d'éviter des malheurs au feu et des accidens en route

avec la mèche enflammée. La quantité que chaque pièce en consomme pendant une campagne est très-forte, puisque chacune en entretient deux. Si 1 pied de mèche brûle pendant une heure, et si l'on a, terme moyen, 8 heures de marche par jour, chaque batterie en consommera journellement 128 pieds; elle occupe ainsi un grand espace dans les voitures déjà si étroites.

Elle est en étoupes filées légèrement avec le déchet du chanvre, et d'autant meilleure que celui-ci est plus propre et plus séparé de l'écorce en bois. Cependant des éclats pris de cette écorce paraissent favoriser la combustion de la mèche, qui ne brûlerait que difficilement si on la laissait sans préparation ultérieure; car les fibres du chanvre sont recouvertes d'un enduit de gomme, qui leur donne leur brillant caractéristique et les rend peu combustibles, toutes les espèces de gommes étant difficiles à carboniser. On doit donc soustraire cette gomme à la mèche, ou lui ajouter une substance qui la rende plus combustible. La première opération se fait en la dissolvant par des cuites dans l'eau chaude, ou en la détruisant par de l'eau chargée de potasse (lessive de cendres) à laquelle on a enlevé l'acide carbonique par de la chaux caustique, ou encore en la chauffant doucement dans du sable, ce qui lui soustrait l'eau et la fait écailler. La mèche préparée par des eaux de cendres ou de potasse doit être bien lavée, parce que sans ce lavage elle absorberait facilement l'humidité et se gâterait. On la soumet quelquefois à une fermentation, qu'on continue jusqu'à un commencement de

pourriture pour détruire la gomme. Elle devient plus combustible, quand on la plonge dans des dissolutions d'acétate [1] ou de nitrate de plomb ou de salpêtre, etc.; si elles sont chaudes, il suffit de l'y laisser un quart d'heure, si elles sont froides, il lui faut davantage.

Beaucoup d'artilleries ajoutent un peu de salpêtre à la lessive ordinaire; la bouse de vache que d'autres y mettent est plutôt nuisible qu'utile; car l'albumine qui se dissout est contraire à la combustion; sa matière extractive donne la couleur jaune à la mèche et doit être favorable à la combustion.

Selon les données françaises un pied de mèche lessivée brûle pendant 2 ⅓ heures;

Chauffée 1 heure dans de l'eau bouillante, elle brûle pendant 3 heures avec un charbon de 4 lignes de longueur ;

Plongée 10 minutes dans une dissolution bouillante d'acétate de plomb, 3 heures avec un charbon de 12 lignes (en lin);

Plongée 10 minutes dans une dissolution bouillante d'acétate de plomb, 2 heures avec un charbon de 8 lignes (en chauvre);

Plongée 1 heure dans une dissolution de nitrate de plomb, 1 heure avec un charbon de 15 lignes.

L'acétate de plomb ou le salpêtre peuvent, d'après la proposition du général Lamartillière, rendre le papier, etc., propre à en faire de la mèche, en ce qu'il

[1] Découverte du général Lamartillière en 1796.

devient combustible et ne s'éteint pas aussi facilement. Il est facile à comprendre que si on veut améliorer de la vieille mèche par de l'acétate de plomb, on doit d'abord la bouillir très-fortement pour détruire le carbonate de potasse.

Les baguettes de Cadet (1784), taillées dans du bois de tilleul, séchées pendant un jour dans un four à 36°, trempées pendant 6 heures dans une dissolution très concentrée d'acétate de plomb, et plongées ensuite plusieurs fois dans de l'huile de térébenthine ne paraissent pas s'être soutenues.

L'on n'a pas encore recherché avec soin si la fumée de mèches trempées dans des dissolutions de sels de plomb pouvait être nuisible dans des casemates, par la volatilité des sels, du reste, c'est peu probable.

La mèche incendiaire est la mèche ordinaire cuite dans du salpêtre, coupée par morceaux qu'on trempe dans de la composition incendiaire.

ÉTOUPILLES.

Les anciens artilleurs remplissaient la lumière de poudre qu'ils conservaient dans une boîte séparée, ils nommaient cette opération amorcer, et se servaient pour l'effectuer d'un dégorgeoir rond en laiton, tandis que pour percer la gargousse, ils employaient un triangulaire en fer.

Les efforts pour obtenir un tir rapide qui, de l'infanterie furent dirigés à l'artillerie, firent penser à des méthodes plus expéditives, et le colonel Geisler,

au service de Saxe, découvrit en 1797 les étoupilles. Elles furent bientôt adoptées dans toutes les artilleries, si ce n'est celle de la Turquie qui emploie encore, à ce qu'il paraît, la poudre.

Il y a d'après le genre d'inflammation deux espèces d'étoupilles : les unes qui, devant être poudrées avec du pulvérin, ne prennent feu que par cette opération, et non immédiatement par la mèche ou la lance à feu, et celles que l'on enflamme directement pour épargner l'emploi du pulvérin. Les premières ont une charge très-vive, les secondes une composition plus lente; celles-là donnent une inflammation plus certaine, celles-ci épargnent du tems et des frais, et même du danger, parce que le pulvérin tombe facilement, surtout la nuit, sur l'affût, s'enflamme et atteint les munitions des coffrets. Plus le feu des étoupilles est violent, plus le coup paraît être énergique.

Le cartouche des étoupilles est ou de fer blanc, ou de cuivre, de zinc, de papier, de roseau ou de tuyaux de plumes. Les cartouches métalliques sont chargés à la main avec de la poudre grenée, sur une broche à étoupilles, ou dans un petit moule à étoupilles, de manière qu'il y reste à l'intérieur un vide conique. La tête qu'on garnit de quelques brins de coton passés dans les trous est enduite de pulvérin humecté. Les cartouches en roseau, en plume ou en papier, sont ordinairement collés à une tête en bois et plongés avec leur extrémité inférieure dans une pâte de poudre, jusqu'à ce qu'ils en soient remplies et percés ensuite suivant leur axe, au moyen d'une aiguille. En

France on coupe les deux extrémités du roseau en sifflet, on les réunit au nombre de 1000 dans une caisse en bois, où ils sont serrés, on les arrose avec une dissolution de gomme (30 grains de gomme sur 1 litre d'esprit de vin), on ajoute de la gomme à la poudre en pâte qu'on rend assez liquide pour être versée dans les cartouches (1 litre d'esprit de vin avec 1 kilogramme de pulvérin). On les retire de la caisse quand ils commencent à sécher, on les lave extérieurement, on les perce, et après les avoir laissés sécher pendant plusieurs heures, on fixe à la tête de chacun avec du fil, quatre bouts de mèche de communication. En Suède on enduit de térébenthine la tête en bouleau, on les amorce et on y ajoute du coton préparé avec du pulvérin. Les Espagnols employèrent longtems des tuyaux de jonc ou de paille, dans lesquels ils passaient un brin de mèche de communication; ils ont actuellement les étoupilles françaises.

Il est plus avantageux de les charger sur des blocs que sur des tables; parce que la composition se séparerait suivant sa pesanteur spécifique, par la vibration des planches.

Les étoupilles métalliques offrent l'inconvénient que, mises en contact avec de la poudre, elles s'oxident facilement, surtout celles en fer blanc et en laiton. Il serait possible de prévenir leur oxidation par un vernis à l'esprit de vin; on la diminuerait aussi en séchant plus rapidement la composition par un moyen artificiel.

—

LANCES A FEU.

La première mention des lances à feu date de 1521; elles étaient connues à Milan et ont été peu changées depuis.

Le cartouche est en papier et en Espagne en jonc. Les Anglais les ont faits d'abord de papier mâché; ils étaient plus fermes que les mêmes en papier, mais ne pouvaient servir qu'avec un fort diamètre de composition, parce qu'avec une faible flamme ils ne se consumaient pas; cependant les lances à feu deviennent par cette raison inutilement cher, ne devant donner qu'une faible flamme, elles sont en outre visibles de loin, ce qu'on veut éviter. La composition ne devant pas être fort lumineuse, ne peut contenir ni antimoine, ni beaucoup de soufre salpêtré; elle doit laisser peu de résidu liquide, parce que les gouttes en seraient dangereuses; il faut donc qu'elle s'écarte le moins possible de la poudre, qui, de toutes les compositions, laisse le moindre résidu. Une compression convenable et, si elle ne suffit pas, l'addition d'une substance peu combustible, donneront des lances à feu dont la combustion sera de longue durée. Plus elle dégage de chaleur, plus elle brûle facilement l'enveloppe et plus aussi celle-ci peut être épaisse et par suite durable. La méthode de l'artillerie saxonne, d'ajouter un peu de poudre grenée, ne repose sur aucun autre principe.

AMORCES ET MÈCHES DE COMMUNICATION.

Des surfaces unies de composition prennent difficilement feu, même lorsque leur nature approche de celle de la poudre, il est donc nécessaire de leur donner une enveloppe plus inflammable, c'est-à-dire plus légère et plus rude; ce qui se fait au moyen du pulvérin, qu'on applique en forme de bouillie, par l'addition d'un liquide et qu'on laisse sécher.

On applique absolument de la même manière du pulvérin en forme de pâte, sur du coton filé, ou mieux on plonge celui-ci dans la bouillie susdite, on la sèche et on la poudre de pulvérin sec, pour préparer la mèche de communication.

Le liquide qu'on emploie pour humecter le pulvérin n'est pas indifférent. L'eau rend le mélange difficile, parce que le pulvérin surnage et ne peut y être mêlé qu'avec peine; elle dissout un peu de salpêtre et donne par suite, après la dessiccation, une masse assez solide et compacte, dont la surface est couverte d'une pellicule de salpêtre; l'amorce adhère ainsi fortement, mais est difficilement inflammable par le salpêtre. L'alcohol rend le mélange facile, ne dissout aucun salpêtre et rend la préparation très-combustible; mais celle-ci a peu de consistance, se détache facilement comme la poudre. Si l'on prend de l'alcohol étendu d'eau, le mélange est encore facile, un peu de salpêtre se dissout, mais pas assez pour former une pellicule, quoique suffisamment pour rendre la

préparation consistante. A mesure qu'un des élémens de l'alcohol prédomine, il exerce une influence nuisible ou avantageuse. Il paraît être préférable de prendre un alcohol concentré et de remplacer sa vertu d'adhésion par un peu de gomme.

Ceci est la raison pour laquelle une amorce préparée avec de l'alcohol, brûle avec plus de force que celle qui est faite avec de l'eau et non pas, comme on l'admet généralement, parce que l'alcohol favorise la combustion. Une amorce bien séchée ne contient plus d'alcohol.

La mèche de communication enflammée à l'air, et surtout un seul brin, s'éteint facilement, parce que l'enduit rarement sec est peu combustible. Mais si on l'entoure avec un corps mauvais conducteur du calorique, pour que l'air froid, le vent, etc. ne puissent avoir aucune influence; si on la passe, par exemple, dans une enveloppe en papier, ou si on en enflamme plusieurs brins réunis, pour que l'un chauffe l'autre, elle brûle très-rapidement. Sa combustion est cependant trop incertaine pour s'en servir comme feu de communication.

—

FUSÉES SPONTANÉES [1].

Il est souvent désirable de produire sous l'eau une inflammation sans feu de communication, et de placer dans des caissons, qu'on est forcé d'abandonner, des

[1] Selbstzünder.

amorces qui ne produisent leur effet qu'au bout de quelque tems. Les fusées spontanées servent dans les deux cas, dans le premier elles doivent s'enflammer par l'eau et dans le second par l'air humide.

Le potassium convient le mieux pour la première espèce; il est déjà dans le commerce et une once suffit pour 40 à 50 fusées, si on le conserve soigneusement dans l'huile de pétrole, pour en prévenir l'oxidation. Il ne donne aucun danger par le transport, ou au toucher, etc. Si l'on veut mettre le feu sous l'eau, on place dans la lumière un tube en fer blanc, fermé inférieurement, assez long pour dépasser la surface de l'eau, on le charge avec la quantité nécessaire de poudre bien séchée et on y jette, un peu avant l'instant où l'on veut faire feu, une boulette de potassium bien desséché.

On suspend au-dessus du tube un petit bocal profond, dans lequel on verse quelques gouttes d'eau, on le retourne de loin au moyen d'un cordeau et on enflamme ainsi le potassium et par suite la poudre.

On peut se servir d'une manière tout-à-fait pareille du chlorate de potasse et de l'acide sulfurique. On place sur la charge une couche d'un mélange de chlorate de potasse et de poudre, et on verse dans le bocal quelques gouttes d'acide concentré. On peut retenir avec un fil le bocal disposé de manière à ce qu'il tende à tourner son ouverture en bas; ce fil, mouillé par de l'acide sulfurique, se rompt quelques minutes ou un quart d'heure après, selon que l'acide sera concentré, le bocal se renversera

mettra le feu à l'amorce. Cette méthode peut servir aussi, dans certaines circonstances, à faire sauter les magasins des batteries d'attaques; le petit appareil qu'elle nécessite, peut facilement s'adapter au couvercle d'un baril à poudre.

Les moyens que l'on peut employer pour produire après quelque tems l'inflammation spontanée des caissons, n'ont pas encore été examinés suffisamment, sous le rapport de leur disposition sûre, ni du tems qu'il leur faut pour enflammer.

Si l'on veut une amorce qui agisse après une demi-heure, on grattera le résidu qu'on trouve dans une bouche à feu, et on le renfermera de suite dans un flacon bien bouché. On en prend deux onces, qu'on place dans du chanvre enveloppé d'un papier humide, et on pourra compter avec assez de certitude sur l'inflammation, surtout si on y place un peu de papier apprêté avec du pulvérin. Le pyrophore de Gay-Lussac, préparé avec de l'alun calciné et de l'argile, produirait le même effet.

Pour une inflammation plus tardive encore, un assez fort paquet de chanvre, de lin ou de laine, trempé dans de l'huile de lin bouillie, et poudré avec du noir de fumée, donnera un moyen assez sûr de dégager de la chaleur. Quatre livres de laine suffisent et produisent l'inflammation au bout de 10 à 12 heures. De la toile cirée fraîche, enduite d'ocre et serrée très-fortement dans de la paille, s'enflamme de la même manière; de même des copeaux frottés fortement avec de l'huile de lin et de la suie, prennent déjà feu après

quelques heures. L'argile fortement calcinée, que l'on couvre encore toute chaude avec de la paille et du chanvre, agit de même quand on ne la place pas dans un endroit trop sec.

Nous ne pouvons décider jusqu'à quel point le droit des gens autorise de pareils moyens; on a souvent proposé de semblables méthodes d'inflammation, mais l'histoire ne nous apprend pas qu'on en ait fait usage. Cependant une mine, sur laquelle on laisse établir tranquillement une batterie ennemie, et un brûlot, ne sont rien autre chose que de pareilles explosions.



CHAPITRE IV.

Des Fusées de signaux.

Quoique les fusées soient connues depuis les tems les plus reculés, comme feu de joie, signal et arme de guerre, le genre de préparation des nouvelles fusées de guerre, a été tenu secret par toutes les puissances qui les ont adoptées. Ne pouvant donc rien en dire d'important, nous donnerons l'histoire des fusées aussi complète que possible, et la préparation des fusées qui servent de signaux, etc.

HISTOIRE DES FUSÉES.

Les fusées n'étant que depuis peu de tems l'objet d'investigations sérieuses, ont à peine une histoire. Elles se préparent seulement à exposer leur valeur au jour et à ramener à la vérité les préjugés en leur faveur ou obstinément contraires. On ne verra avec certitude ce qu'elles produisent, ou pourront en général produire, que quand une guerre aura dévoilé les divers systémes et les aura éclaircis.

Des artifices analogues aux fusées ont été em-

ployés très-tôt. Le philosophe Leo doit en avoir préparé en 880, dans un laboratoire secret, pour l'armée de l'empire romain d'Orient. Marcus Græcus décrit, en 846, une fusée qui avait une haute enveloppe en papier et portait un marron entouré de ficelle ; elle n'avait ni baguette, ni vide intérieur et paraît donc plutôt avoir été une espèce de serpentin. Sa composition consistait en 6 parties de salpêtre, 2 de soufre et 2 de charbon, ainsi :

60 de salpêtre,
20 de soufre,
20 de charbon.

100

ce qui se rapproche assez de celle usitée aujourd'hui.

Don Jayme Ier, roi d'Arragon, employa en 1238, au siége de Valence (?) de grands serpentins de 4 peaux de parchemin contenant des matière combustibles, qui éclataient à l'endroit où ils tombaient. L'Égypte connut quelque chose d'analogue 1249. Albertus Magnus parle de pareils projectiles ; il les dit chargés de deux compositions différentes, l'une (probablement la composition incendiaire) formée de salpêtre, de soufre et d'huile de lin ; l'autre, la composition produisant le mouvement, composée de salpêtre, de soufre et de charbon, mais demandant plus de salpêtre et moins de soufre. En 1370 et 80, les Padouans doivent avoir incendié Mestre par leur moyen. Orléans se défend en 1428 avec des fusées. Dunois les fit lancer en 1449, contre Pont-Audemer, et déjà

alors on les désigna sous le nom de Roquet. En 1452, Bordeaux fut battue par des fusées, et en 1453 Gand, où on les nomma engins volans. En 1465, on tira des fusées devant Corbeil au moyen de bouches à feu. En 1498, les Indiens lancèrent des fusées près de Mélinda, pour célébrer l'arrivée des Portugais. Hanselot parle en 1630 de fusées avec des obus. On les employa en 1586, comme moyens d'éclairage et comme projectiles contre la cavalerie. On leur donna des calottes pointues en fer, des pétards chargés de balles, et on entourait l'enveloppe de matières incendiaires. Un vieux manuscrit recommande des enveloppes en fer, qu'on doit vernir pour les préserver de la rouille. Déjà alors on mentionna le bruit des fusées comme très-alarmant.

Simienowicz en 1650, connaît parfaitement les fusées de signaux et décrit leur confection tout-à-fait d'après la méthode usitée. Il parle d'un traité d'artifices écrit depuis 90 ans, ainsi en 1560, qui donne aussi leur confection. Simienowicz parle déjà de fusées de 100 livres, et donne leur construction. En 1561, un petit ouvrage français (*Traité contenant plusieurs articles de feu*) propose des fusées de cuir verni.

En 1666 on tira un grand feu d'artifice au sujet du mariage d'une princesse impériale, où on lança à la fin 10 fusées de 100 livres, 10 de 130 et 10 de 150.

En 1688, on fit des épreuves à Berlin avec des fusées de 50 et de 120 livres qui portaient une bombe

de 16 livres (?). Leur composition était de 9 parties de salpêtre, 4 de soufre, et 3 de charbon, ou :

56,2	de salpêtre.
25,0	de soufre,
18,8	de charbon.
100,0	

Les fusées avaient des cartouches en bois couverts de toile, dans lesquels la composition était pressée.

En 1746, Robins fit des épreuves sur l'ascension des fusées. Les Indiens tirèrent des fusées en 1750. Ruggieri, en 1780 en France, fit des recherches pour tirer des obus et des biscaïens au moyen des fusées. Hyder Ali, qui avait 1200 raquettiers (artilleurs chargés de lancer les fusées), les employa en 1788. On confectionna en 1790 et 1798, en France, des fusées pour un corsaire; parmi elles se trouvaient celles de Chevalier, dites phosphoriques, qui devaient être lancées contre la voilure. Lariboissier proposa en 1792, comme arme de guerre, les fusées sous le nom de fouquettes. Plus tard Tippo Saib employa 5000 raquettiers contre les Anglais, et de cette époque datent les efforts faits en Europe pour les perfectionner. La fusée indienne a un cartouche épais en fer de 8 pouces de long et de 1 ½ de diamètre, garni en haut de pointes aiguës. La baguette est en bambou de 8 à 10 pieds de long, quelquefois aussi elle est en fer. Elles étaient réellement jetées à la main par les raquettiers, et firent beaucoup de mal à la cavalerie. Les fusées des Birmans sont de hauts troncs d'arbres creux qui

n'ont point d'obus et qu'on tire contre les remparts.

Les épreuves en France avec de fortes fusées n'ayant point réussies, Congrève fit en 1804 à Woolwich, des essais avec des fusées modifiées, qui donnèrent une plus grande portée que celle qu'on avait obtenue jusqu'ici. Leurs cartouches étaient en papier. Plusieurs épreuves postérieures donnant encore de meilleurs résultats, leur introduction fut résolue; mais devant Boulogne, où elles devaient servir en premier, elles firent peu d'effet, parce qu'elles ne pouvaient traverser les toits; et même, quand elles perçaient des planches épaisses et quand elles s'y logeaient, peu y mettaient le feu. La composition consistait d'après l'analyse de Gay-Lussac de :

75,0 de salpêtre,
23,4 de soufre,
1,6 de charbon,

ce qui répond parfaitement au mélange de 91 parties de soufre salpêtré et de 9 parties de pulvérin, d'après les considérations données plus haut; mais le feu en est trop lent. De même ses fusées destinées à incendier Copenhague firent peu d'effet d'après le témoignage de tous les témoins oculaires. Car outre les fusées dont on ne connaît point le nombre, on tira contre la ville encore 6412 bombes, 4966 boulets, et beaucoup de balles incendiaires; cependant quelques fusées pénétrèrent très-profondément; ainsi l'une d'elles, après avoir percé le toit traversa trois étages et se logea encore dans un mur. Il en fut de

même en 1809 à l'attaque de l'ile d'Aix; malgré ce peu d'effet ces projectiles attirèrent l'attention générale, et furent regardés comme formidables.

Congrève établit en 1809 le laboratoire royal à l'arsenal de Woolwich, qui continua à fabriquer des fusées et qui les expédia aux colonies. On ne fit que des fusées incendiaires, les baguettes étaient sur le côté, et l'on mettait de l'argile sur la composition.

Les fusées employées devant Aix avaient une composition de

62,44 de salpêtre,
23,18 de charbon,
14,38 de soufre,

elle avait absorbé, sans doute par la forte quantité de charbon, 14 pour °/₀ d'eau.

Congrève introduisit en 1806 des cartouches en tôle et de plus courtes baguettes; ils avaient été jusqu'ici de papier gris laqué.

Les fusées allèrent si mal devant Flessingue, que d'après le dire des Anglais mêmes, elles revinrent sur la batterie.

En 1809, Cochrane fit un essai malheureux avec des fusées contre Calloo; bientôt après le capitaine Schuhmacher fit les premières épreuves en Danemarck, avec des fusées qui, paraît-il, eurent de bons effets, et qui donnèrent lieu au système établi plus tard de ne considérer la fusée que comme un porte-projectile. On partit dans ces épreuves des premières fusées anglaises, dont on en avait trouvé une qui n'était pas

brûlée, après le bombardement de Copenhague; les
frais montèrent très-haut; en 1808 un petit corps de
raquettiers était déjà organisé, on en fit usage sur
une petite flottile, que Schuhmacher commanda; en
1814, il fut formellement organisé. En 1811, on
employa sans effet dans et devant Cadix des fusées, et
en 1813, à la bataille de Leipsic et devant Wittem-
berg, on en obtint peu de succès, parce qu'elles tra-
versèrent rarement un toit. Elles firent peu de mal la
même année devant Dantzig, puisque sur 100, 10
à peine entrèrent en ville, et incendièrent un hôpital.
Le capitaine français Brulard avait appris en Da-
nemarck à connaître plus particulièrement les fusées
qu'il imita avec assez de bonheur dans Hambourg;
ses essais ne furent cependant pas poussés plus loin.

En 1813 on se servit devant Glogau des fusées de
signaux pour jeter sur les toits de la ville des procla-
mations et des extraits de gazettes, où on pouvait les
lire sans être remarqué. Ils étaient réimprimés sur
du papier très-fin et entouraient légèrement la ba-
guette à laquelle un fil mince les retenait jusqu'à la
chute.

Garnier proposa dans cette année, pour éviter le dé-
placement du centre de gravité, une fusée qui por-
tait au chapiteau et à la lumière une chaîne pendant
librement, sur laquelle un poids pouvait se mouvoir.
Il proposa aussi une fusée à ricochets, garnie devant
de deux pieds, pour sauter au-dessus des inégalités
du terrain.

Le colonel Augustin, de l'état-major-général autri-

chien, vit en 1813 les batteries anglaises de fusées, attachées au corps du général Walmoden, connut plus tard les fusées danoises, vit en 1814 avec soin les fusées de Congréve à Londres, se rendit de là à Copenhague, où, d'aprés une convention entre les deux puissances, Schuhmacher doit lui avoir communiqué son procédé; on établit d'aprés cela à Raketendorf, près de Wienerisch-Neustadt, un laboratoire très-étendu.

En 1814, Congrève changea la forme cylindrique des fusées en celle conique, et commença le premier à lancer des obus au moyen des fusées.

En 1815, les Américains firent d'heureuses épreuves avec les fusées, auxquelles ils imprimèrent un mouvement de rotation par des trous forés obliquement, les tirèrent hors de grands tubes, et évitèrent ainsi la baguette. Déjà Heath avait confectionné auparavant à Boston des fusées qui avaient des plumes au lieu de baguettes, pesaient 5 livres et avaient une portée de 2000 toises. Les Autrichiens avaient cette année une batterie de fusées devant Huningue, mais ils ne l'employérent pas.

Des épreuves françaises faites à cette époque ne donnèrent point de résultats favorables.

En 1817, Congrève fonda sa fabrique privée à Bow, vis-à-vis de Woolwich, pour préparer des fusées pour la compagnie des Indes orientales. Le capitaine Parlby de l'artillerie du Bengale, les imita aux Indes et leur donna un mouvement de rotation par une disposition intérieure, sans doute semblable à celle de l'Amé-

rique. Il avait un tube comme Congrève et une baguette plus courte. Congrève s'emporta très-fort contre cette nouvelle fabrique, et sa valeur en campagne; elle eut pour résultat d'approvisionner directement la compagnie des Indes orientales. Le journal de Calcutta : *British Indian military repository*, contient des débats intéressans sur cet objet.

En 1819, on envoya beaucoup de fusées à Ceylon; leurs dimensions, composition, etc., sont données par Dupin dans son voyage en Angleterre; elles paraissent contenir des quantités considérables de chlorate de potasse. Congrève fixa la baguette suivant l'axe, d'abord au moyen d'un étrier, puis d'une plaque. Il commença à cette époque à distinguer les fusées en *sky* et *groundrockets* (fusées de plein fouet et à ricochets). Il tira les premières au moyen de tubes (*cavallerytube*) isolés, ou de chars qui portaient 10 à 15 tubes liés entre eux (*volley carriages*).

On fit vers cette époque des épreuves avec les fusées à Varsovie, sous la direction du général Bontems; Bem en a fait connaître les résultats.

En 1821, un détachement de raquettiers autrichiens se rendit en Italie, on lança quelques fusées devant Antrodocco, mais on ne put en voir de grands effets à cause de la disparition rapide des Napolitains.

En 1823, Congrève obtient un brevet pour une liaison particulière du chapiteau avec la fusée, qui portait cinq fusées; en tournant le chapiteau on amenait à volonté la lumière sur une de ces fusées.

En 1826, on organisa à Varsovie un laboratoire de fusées.

En 1828 (?), les Autrichiens voulurent incendier au moyen de fusées des vaisseaux dans le port d'Alger; ils ne purent y réussir d'après les feuilles publiques.

La même année on fit des fusées à Turin qu'on imita absolument des Autrichiens.

En 1829, les anciennes épreuves qui n'avaient pas réussi furent reprises en France; les récits de Toulon en parlent d'une manière très-défavorable; cependant les nouveaux essais de 1831, à Metz, paraissent avoir réussi assez pour qu'on projette l'organisation de telles batteries. Les nouvelles fusées françaises portaient la baguette suivant l'axe, et un obus d'un diamètre plus grand que le cartouche.

On ne s'est servi qu'une seule fois de fusées dans la guerre de la Russie contre la Turquie, ainsi que dans celle contre la Pologne, où, surtout d'après le dire des officiers qui en étaient chargés, on obtint de très-bons résultats, principalement de celles tirées par les tirailleurs. Les Russes doivent s'être servis de ch[illegible] à tubes, c'est-à-dire neuf tubes liés entre eux sur une espèce d'affût, pointés par une même vis et tirés d'un seul coup.

En 1829, on tira des fusées de plus fort calibre contre un ouvrage de fortification de Linz; l'on doit avoir obtenu des résultats admirables sur la justesse des fusées.

Dans l'automne de 1830, le vice-roi d'Égypte fit venir d'Angleterre quelques milliers de fusées de [illegible]

calibres, et fut très-satisfait de quelques-unes qu'on tira comme épreuve au Caire.

En 1831, on a essayé en Suisse des fusées de guerre. Une fusée de campagne de 2 pouces pesait 6 livres; elle fut tirée comme les anglaises, hors d'un tube de 6 pieds, avec 6° d'élévation; elle donna une portée de 1100 pas, avec 8° de 1500, et avec 10° de 18 à 1900. Sur 5, 3 touchèrent le but à 1100 pas. Celles de 3 pouces, pesant 18 livres, étaient destinées à l'artillerie de position.

On s'est servi dans les derniers tems de fusées contre des baleines, pour jeter des ancres, ou pour jeter des câbles à des vaisseaux échoués, et aussi pour jeter une cinquenelle au delà d'une rivière pour en faciliter le passage. La fusée pour baleines, dont l'on montre un modèle à l'arsenal de Woolwich, et qu'un de nos amis, le capitaine Colqhoun, a employée lui-même dans son voyage à Scoresby, a un long cylindre en fer comme lest antérieur, et est tirée hors d'un long tube en tôle, au moyen d'une platine de fusil. Elle pénètre à plusieurs pieds dans l'animal. Les fusées pour ancres réussissent complétement; les ancres se logent si bien qu'on peut se faire passer la rivière avec un canot. Comme moyen de sauvetage pour des vaisseaux échoués, elles paraissent préférables au mortier de Maubys, employé sur quelques côtes, et ne sont même pas surpassées par la nouvelle flèche de Murray, qu'on tire hors d'une bouche à feu. La fusée a encore l'avantage qu'en voyant sa trajectoire, on peut juger si le câble a atteint le vaisseau.

ASCENSION DES FUSÉES.

Si l'on remplit un cartouche cylindrique d'une longueur de 5 à 6 diamètres, avec un mélange pareil à celui de la poudre, et qu'on l'y tasse si fortement que le feu ne puisse se communiquer à toute la masse, mais que le cylindre de composition ne puisse brûler que par couches, la combustion devra durer bien plus long-tems. Si on suspend, à son centre de gravité, un pareil cartouche chargé totalement et qu'on mette le feu à un des bouts de la composition, il se développera à la surface enflammée une force qui ne pourra agir qu'en avant et en arrière, suivant l'axe longitudinal; les forces latérales de tous les points enflammés se détruisant mutuellement, elle ne pourra donc que chasser en avant l'air, et repousser en arrière le cartouche. Celui-ci doit donc se mouvoir en arrière comme un pendule, tout-à-fait comme le canon déchargé de Hutton, dans l'épreuve de la poudre, si ce n'est, qu'ici le mouvement a lieu par à coups, tandis que provenant plutôt d'une pression, il est plus lent avec la fusée, mais aussi plus durable. Plus la résistance est grande d'un côté, plus l'action du côté opposé devra être forte; il est donc facile d'entrevoir pourquoi le cartouche est d'autant plus repoussé, que la composition brûle plus profondément, puisque la colonne d'air que le gaz qui se dégage doit chasser hors du cartouche en partie vide, augmente toujours. Ainsi déjà la combustion de la composition d'un car-

touche chargé massivement, doit communiquer à celui-ci un mouvement vers le côté non enflammé; c'est sur ce principe que repose le mouvement des roues d'artifices, mues par des fusées, etc., auxquelles on rétrécit la lumière pour augmenter encore la pression des gaz qui se dégagent, et par suite leur effet. Cependant cet étranglement ne suffit pas encore pour que la combustion d'une couche massive de composition puisse donner une rapidité un peu grande à un cartouche même léger. Nous voyons clairement ceci avec les serpentins, qui, malgré la légèreté de leur cartouche et leur petite lumière, ne peuvent voler qu'à 15 ou 20 pieds, même lorsqu'ils sont lancés par une forte main.

Il faut pour exercer une plus grande force, produire plus de gaz et en augmenter la tension dans le même tems, ce qui se fait le plus simplement en conservant la même lumière et en augmentant la surface en combustion, et par suite la masse de gaz qui se dégage dans le même tems. On produit cette augmentation de surface en formant un vide dans le cylindre massif de composition; ce vide a toujours une plus grande surface que l'aire de la section horizontale du cylindre; plus il est grand et profond, plus la surface en augmente, et plus est grande la qualité et la tension des gaz qui se dégagent, et par suite plus est grande la vitesse initiale du cartouche.

Chaque cylindre de composition aura son *maximum* de perforation et de vitesse initiale, qui, jusqu'à cette limite, pourra être réglée à volonté; mais comme

avec l'agrandissement de la perforation, la quantité absolue de composition et avec celle-ci la quantité absolue de gaz diminuent, et que par suite la composition doit être comburée plus rapidement, tant par sa diminution quantitative, que par la grandeur de la surface enflammée, l'action de la force sur le cartouche aura d'autant moins de durée, que la vitesse initiale aura été plus grande. Il faudra donc ici une limite, jusqu'à laquelle on pourra augmenter le vide, pour obtenir le *maximum* de l'effet général, parce que passé ce point, l'intensité de la force, perdue dans le premier moment, ne peut remplacer celle qui manque plus tard.

Si la perforation est trop petite pour vaincre le frottement du cartouche sur le chevalet ou son moment d'inertie, le tuyau restera immobile après son inflammation, jusqu'à ce que la perforation se soit assez agrandie, pour que la force, répondant à la tension actuelle puisse vaincre la résistance. La composition brûlée avant ce moment, étant consommée inutilement, on ne peut faire la perforation plus petite que celle qui est nécessaire pour mettre le cartouche de suite en mouvement. La plus grande force, par suite la plus grande vitesse, et aussi le plus grand danger pour la conservation du cartouche, ont lieu, d'après la forme de la perforation, sur différens points de la trajectoire que parcourt la fusée, parce qu'aussitôt la composition brûlée, la fusée doit être regardée comme un projectile doué de la vitesse finale de la combustion de la charge, vitesse qui décroît à chaque instant.

Le mouvement d'une fusée provient donc, pour le répéter, de la tension d'un gaz pressant également dans tous les sens; chaque pression est détruite par une autre qui lui est égale et opposée, ou est du moins inactive pour le mouvement, à l'exception de celle qui agit suivant l'axe, dont la pression opposée est détruite par la force qui jaillit de la lumière, et qui meut ainsi la fusée; il ne s'agit donc, les circonstances étant du reste les mêmes, que des élémens qui déterminent la grandeur de la tension de ces gaz, ou, ce qui est de même, du *rapport entre la surface enflammée et le diamètre de la lumière.*

Quoique simple et peu forcée, cette explication, qui peut, comme analogue à d'autres phénomènes, s'appliquer aux diverses modifications, n'a pris quelque racine que dans les derniers tems.

On expliquait anciennement l'ascension des fusées par l'appui du jet enflammé sur l'air atmosphérique; mais cette explication, qui regarde la flamme comme un corps solide, n'est pas du tout admissible. On peut même en montrer l'inexactitude par des expériences. Je plaçai un petit moulin à réaction [1] sous la cloche d'une machine pneumatique, je fis le vide et introduisis

[1] Le moulin à réaction est un cylindre creux qui se trouve verticalement sous un réservoir d'eau, et qui est mobile autour de son axe. Au tiers inférieure de sa hauteur, se trouvent des ajutages horizontaux et creux, qui ont tous un orifice latéral percé suivant leur direction. Si on verse de l'eau dans le cylindre vertical, elle s'écoule par ces orifices et le cylindre tourne dans une direction opposée.

de l'eau dans l'appareil, et le cylindre tourna plus rapidement que dans l'air. Watt et Evans firent la même expérience avec le même appareil pour la vapeur, et ils obtinrent le même résultat. Pour faire l'expérience avec la fusée même, j'attachai aux baguettes de 20 fusées d'une livre, à 3 pouces au-dessous de la lumière, une petite planchette, qui, ne permettant pas au jet de jaillir directement, aurait dû empêcher l'ascension. Quelques fusées crevèrent; les autres s'élevèrent comme de coutume.

On crut plus tard pouvoir admettre l'influence de l'atmosphère comme offrant une résistance à la sortie du gaz, et comme donnant par suite à celui renfermé encore dans l'intérieur, une tension plus grande que s'il se dégageait dans le vide. Mais la plupart des fusées de signaux restent un moment en feu sur l'appareil, parce que leur perforation n'est pas assez grande, et raréfient donc tant l'air intérieur, qu'il ne peut plus offrir de contre-poids suffisant. Si l'on admet avec Moore une tension de 2000 ou même de 1000 atmosphères dans la lumière, la seule atmosphère extérieure ne pourra entrer dans l'évaluation.

CONFECTION DE LA FUSÉE DE SIGNAL.

La fusée est plus soumise aux influences extérieures que tous les autres artifices, mais les irrégularités qu'on rencontre dans les fusées construites de la même manière et dans le même tems, proviennent

plutôt de l'imperfection du travail que du défaut de construction. Le mode de confection, ainsi que les mesures prises pour donner dans toutes les circonstances des produits égaux, sont les conditions qui en règlent la régularité et non le choix de la composition et la construction, principe connu déjà des anciens.

a. CARTOUCHE.

Les cartouches des petites fusées de signaux sont en papier, et en fort roseau en Espagne. Il faut beaucoup de précision et de force corporelle pour rouler le papier. Les artificiers experts ne sont pas d'accord s'il est préférable de le rouler par feuille, ou d'en coller d'abord plusieurs ensemble et de les rouler comme un mince carton ; il doit être fort et raide, plus il est uni et serré, mieux il vaut. On a deux méthodes pour placer les feuilles de papier l'une sur l'autre sur le mandrin, avec l'une on se sert de la planche à rouler, qui roule le papier comme un cylindre pour le linge; avec l'autre on emploie la varlope où le cartouche est placé avec son mandrin dans un creux entre deux bois polis, et tourne sur son axe pendant que le bois supérieur est pressé avec beaucoup de force; il se trouve plusieurs de ces creux de différens diamètres, l'un à côté de l'autre, pour y introduire le cartouche successivement dans les plus étroits. Il devient de cette manière beaucoup plus dense et plus uni que par la première méthode.

Le bon papier étant quelquefois difficile à se pro-

curer, et les hommes, qui ne sont pas très-forts, ayant beaucoup de peine à le rouler, je cherchais s'il n'était pas possible de faire les cartouches en papier mâché, et j'y réussis très-bien après quelques essais. Les cartouches vides n'ont à la vérité pas autant de consistance que ceux en papier; mais ce défaut disparaît dès qu'ils sont chargés. Cette méthode pourrait surtout être avantageuse pour les serpentins et autres petits cartouches, parce qu'on peut y employer le plus mauvais papier, et qu'on pourrait peut-être l'exécuter déjà à la papeterie même.

Les cartouches en papier ont une consistance suffisante, surtout si on les préserve de l'humidité par une couche d'huile mise à l'intérieur et à l'extérieur. Ils traversent des planches d'un pouce d'épaisseur, sans être endommagés; mais un grand inconvénient est leur épaisseur, car on doit compter moyennement que les deux parois en papier doivent avoir la moitié du diamètre restant de composition, ce qui augmente considérablement la résistance de l'air. Il est de même difficile d'obtenir une lumière de dimensions données, en étranglant le cartouche, elle brûle d'ailleurs pendant l'ascension, et comme elle le fait d'une manière inégale, il se pourrait que le balancement qu'on voit souvent dans ces fusées, provienne de ces ouvertures latérales qui naissent tout à coup.

Il faut pour étrangler de plus grands cartouches de forts appareils dont les Anglais ont inventé nouvellement plusieurs, qui n'ont pas besoin d'une description détaillée, puisque c'est tout simplement une forte

corde de boyau qui entoure la fusée et s'enroule sur un treuil au moyen d'une roue à manivelle, la corde étant de cette manière raccourcie, comprime la fusée qu'on tourne continuellement pendant cette opération, et dont l'on presse l'ouverture contre un dé.

On peut au lieu d'étrangler la fusée, la boucher inférieurement avec une couche d'argile de potier, qu'on fore ensuite comme le faisaient les anciens artificiers; mais comme l'argile ne s'applique pas assez pour résister au choc du jet, quand les cartouches sont larges, elle serait facilement lancée au dehors; nous devons donc recommander la méthode que nous vîmes à des serpentins chinois, où le cartouche était un peu étranglé, quand la couche d'argile était encore humide.

On a beaucoup essayé de prendre des cartouches en tôle pour les fusées de signaux; elles s'élevaient beaucoup plus haut avec le même diamètre de composition, car l'épaisseur de la tôle n'est guère que 1/25 du cylindre de composition. Ce serait en général une amélioration importante pour les petites fusées, d'augmenter leur pesanteur spécifique.

b. COMPOSITION.

Nous avons déjà parlé en général sur la composition, que l'on doit prendre aussi analogue à celle de la poudre que le cartouche le permet. En général, de grandes fusées doivent avoir des compositions plus lentes que les petites. Les anciens artificiers sont même

plus difficiles, ils veulent des compositions différentes pour l'hiver et l'été, de plus vives pour l'hiver, parce qu'ils comptent qu'elles deviendront plus lentes par l'humidité absorbée. Ils chargeaient les petites fusées d'une composition de pulvérin et des trois substances constituant la poudre; ils omettaient le pulvérin pour de plus grandes, parce qu'il les faisait souvent éclater. On a essayé avec succès dans le Danemarck, de charger le cartouche avec trois compositions de vivacité différente, en mettant la plus vive à la lumière.

c. CHARGEMENT.

Le chargement se fait ordinairement dans des tubes de deux parties, en bois ou en métal, connus sous le nom de socle du moule de fusées, de même longueur què le cartouche. Si l'appareil pour charger les fusées est exact, ou si l'on a des travailleurs exercés, pour ne pas craindre de les voir frapper obliquement, il suffit de prendre un tube court, qu'on place à la partie inférieure du cartouche et du dé, et qu'on serre au moyen de vis. Cet appareil est beaucoup plus commode que les lourds moules de fusées avec leurs ornemens inutiles.

On peut charger les fusées massives et les forer ensuite, comme cela se faisait anciennement, ou les charger sur une broche; ces deux méthodes ont leurs avantages. Si l'on dispose d'une force suffisante pour charger, force qui, augmentant si fort avec le rapport de la grandeur du diamètre, doit croître très-rapide-

ment, on fera mieux de charger à plein. La composition est de cette manière plus uniformément dense, il y a moins de danger dans le chargement, quoique celui qui résulte du forage ne doive pas être oublié de même que la rudesse de la perforation, qui peut ainsi absorber de l'humidité, mais qui aussi favorise l'ascension. Il faut beaucoup moins de force pour charger sur une broche, car la baguette chasse comme un coin la faible couche de composition entre la broche et le cartouche. On épargne du travail et de la composition, mais le danger est plus grand, surtout quand on change trop tôt de baguette ou quand il faut en gratter l'intérieur; en outre la composition reste toujours d'une densité variable, la broche et la baguette souffrent beaucoup, surtout si celle-ci est en bois. Des fusées chargées à plein au mouton, se conservent beaucoup mieux que celles battues, tandis que celles battues à plein à la main, sont ordinairement plus mauvaises que celles battues à vide. Nous renvoyons du reste aux remarques données au chapitre de la densité des compositions.

Pour éviter tout le procédé de battre les fusées, on a essayé, d'après les feuilles publiques, à Hambourg, de faire la composition en forme de pâte et d'en remplir le cartouche, ce qui a complétement manqué, même en comprimant ensuite la composition. Congrève doit aussi avoir essayé ce procédé, mais sans succès.

J'ai chargé à sec et à la main beaucoup de fusées de signaux, et j'ai trouvé que la composition doit être grossièrement pulvérisée pour qu'elle ne se perde pas

en poussier. Quoique le pulvérin se laisse très-bien comprimer étant sec, la composition très-sèche et très-bien pulvérisée, se perd beaucoup en poussier.

Plus la force qui comprime est grande, plus les fusées se conserveront bien et résisteront au transport; et ce n'est qu'avec une forte densité qu'une fusée nouvellement travaillée et une ancienne, montent également haut. On devrait donc abandonner le battage à la main et à plein pour les fusées qu'on transporte en campagne et les charger sur une broche avec un mouton bien organisé; on obtiendrait alors un résultat satisfaisant, surtout avec une composition bien préparée et des fusées pas trop grandes. On doit avoir essayé en Angleterre de charger à la fois plusieurs fusées par la même presse hydraulique. On se servait pour mesurer la composition, d'un instrument pareil à celui que nous avons décrit pour charger les capsules. La pression de toutes les fusées se faisait en ce qu'elles étaient serrées supérieurement contre les baguettes fixées à distance convenable dans un fort étançon.

Les moutons actuels sont encore très-imparfaits; on pourrait facilement trouver des dispositions plus avantageuses qui rendraient le travail beaucoup supérieur.

Dans le chargement massif on emploie un banc à forer, dont la disposition très-diverse, varie comme celle du banc de forage des bouches à feu. Le foret tourne au moyen d'un balancier ou d'un archet; ce dernier offre moins de danger; les forets sont d'acier dur, ou de corne dans d'autres artilleries. Le lissage de

la lumière, ainsi qu'un forage préparatoire, sont d'inutiles surcroîts de travail. L'ascension ne souffre pas beaucoup d'une légère déviation de la perforation hors de l'axe.

d. BAGUETTE.

Si l'on suspend bien verticalement une fusée chargée, lestée au-dessus, et si le poids est également réparti autour de l'axe, elle s'élèvera aussi directement qu'avec une baguette; mais il faut tirer quelquefois sous des angles aigus, soit pour éclairer, soit pour porter des proclamations, etc.; il faudrait alors que le centre de gravité de la fusée répondît à celui des surfaces portées par l'air, pour qu'elle ne déviât pas de sa direction; une fusée tirée sous un angle indifférent, sans autre appareil, se renverserait ou du moins vacillerait beaucoup, surtout au commencement, où sa force vive et par suite sa vitesse, sont encore faibles. On doit donc conserver à la fusée, principalement à l'origine de son ascension, la direction donnée, ce qui se fait le plus facilement par une baguette, pour les conditions que doit remplir la fusée de signaux. Aussi long-tems que la fusée reste dans la direction de l'axe, la baguette n'apporte par son poids et le léger frottement de sa surface dans l'air, qu'un faible obstacle à la vitesse, mais elle oppose de suite à toute déviation que tenterait la fusée sa grande pression de surface contre l'air, augmentée encore par la distance du centre de gravité de tout le système, pression qui cesse dès qu'elle reprend sa direction. Tous les autres appa-

reils pour maintenir la fusée dans la direction de l'axe, donnent des résultats beaucoup moins avantageux. On lui a donné des ailes comme à une flèche, ce qui suffisait tout au plus pour son ascension verticale; on l'entoura de spirales qui, par la rotation, avaient le défaut de lui enlever une grande partie de sa force. Même la disposition, pour laquelle Congrève prit un brevet d'invention en 1823, qui consistait en une courte baguette, au bout de laquelle étaient fixées des espèces d'ailes de moulin, placées en spirale et mobiles, ne satisfit point à l'attente. Elles sont tout aussi défavorables les fusées qu'on tire hors d'un tube rayé comme une carabine, et auxquelles on cherche à donner un mouvement de rotation, en fixant au cartouche des baguettes qui la forcent dans cette direction. Elles perdent la plus grande partie de leur force dans le tube qui s'encrasse si fort que la fusée ne peut plus en sortir après quelques coups. On ne sait pas comment les fusées de l'Amérique septentrionale se meuvent sans baguette, ayant des trous en forme de spirale qui leur impriment un mouvement de rotation.

Un inconvénient de la baguette, qui remplit du reste si bien son but, c'est que par un vent un peu fort, elle force la fusée hors de sa direction; ce n'est pas un grand défaut pour les fusées de signaux, qui doivent s'élever verticalement ; mais il est grand pour les fusées à éclairer, etc. Plus la baguette est longue et plus le défaut est majeur; on ne peut guère la prendre plus petite que 5 à 6 fois la longueur de la fusée. La pratique ne peut guère admettre, comme le

propose Volz, une baguette différente pour chaque élévation, et il n'est pas vrai que la fusée qui s'élève verticalement, n'ait besoin que d'une baguette très-courte.

La déviation latérale des fusées, qui ont leur centre de gravité à la lumière ou contre celle-ci, a lieu dans la direction du vent; la fusée devant donc recevoir du vent une déviation, serait entraînée par lui dans sa direction avec sa propre vitesse, si la pression latérale reçue par la déviation ne la surpassait. On peut donc concevoir qu'on puisse placer le centre de gravité de manière qu'elles se détruisent mutuellement, de sorte que la fusée se mouvrait toujours à peu près directement par tout vent. On doit diminuer cette déviation quand on rapproche le centre de gravité de la masse de celui des surfaces pressantes. Il est aux fusées de signaux ordinaires à 1 pied environ derrière la lumière sur la baguette; on devrait donc reculer davantage le centre de gravité qui se trouvait jusqu'ici au plus à 3 pouces de la lumière; ce que l'on pourrait faire sans déplacer celui des surfaces, en garnissant de plomb le bout de la baguette.

Un vent contraire à la fusée en diminue la portée, tandis que, s'il souffle dans sa direction, il l'augmente; mais la différence ne peut-être grande; car si, par exemple, le premier vent lève la baguette dans la branche ascendante de la trajectoire, il la presse dans la branche descendante et réciproquement.

Toutes les fusées de signaux reçoivent une garniture dans un pot fixé à la partie supérieure du car-

touche ; c'est elle que la fusée doit élever pour qu'elle agisse à cet endroit. Un grand poids serait moins nuisible dans ce cas qu'une grande surface. Il faut donc en être aussi économe que possible, et il serait peut-être avantageux de faire ce pot en tôle ; mais on ne doit pas non plus augmenter trop le poids. La pesanteur spécifique de la fusée achevée ne devra guère être au-dessus de 3,0, et il faut de plus que le centre de gravité soit autant que possible fort en arrière ; la baguette doit donc peser à proportion. Les fusées de signaux sont toutes jusqu'ici trop légères pour une bonne ascension, ayant à peine la pesanteur spécifique de 1,0.

Nous avons déjà parlé plus haut de la garniture qui peut consister en signaux de poudre, en flammes colorées, en balles à éclairer, etc.

Il arrive souvent que les fusées crèvent après un long transport et une longue conservation, quelquefois même après leur confection ; cela arrive surtout aux fusées chargées à la main et à cartouche en papier. La cause en est le plus souvent dans la légèreté de la composition, dont la consistance est facilement détruite, de plus grandes quantités prennent feu à la fois et font éclater le cartouche, ou, ce qui arrive aussi, lancent en l'air la composition non enflammée. L'humidité exerce aussi une très-grande influence, surtout sur les compositions pulvérisées grossièrement sur la table à égruger. Avec un bon mélange, une densité convenable, de meilleurs cartouches et une fermeture résistante de la partie supérieure, il

arrivera rarement, peut-être jamais, que la fusée éclate. On voit le mieux combien cela dépend de la manipulation dans le travail et de son uniformité, en ce que cela n'arrive presque jamais à des artificiers civils.

Les fusées de signaux sont vues de loin, si on donne assez d'éclat à leur feu, du moins leur ascension est telle, qu'on peut les voir de 8 à 12 milles.

Dans des essais faits en Saxe, des fusées de signaux étaient plus sûres que des coups de canon de 12 ; leur bruit et l'explosion de leur marron s'entendait plus loin que les coups de canon dont l'effet est souvent affaibli par le terrain. Du jour la fumée d'une fusée ascendante se voit à 4 ou 5 lieues.

On s'est servi dans les derniers tems, pour fusées de signaux, de simples fusées à parachute qui portent une forte fusée visible comme une étoile de très-loin.

On a trouvé qu'il est plus avantageux de lui donner une lumière pourpre par la strontiane qu'une lumière blanche.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

COMPOSITIONS.

CHAPITRE II.

INCENDIER ET ÉCLAIRER.

CHAPITRE III.

AMORCES.

CHAPITRE IV.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.